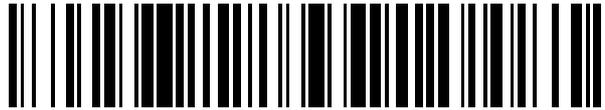


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 740 951**

51 Int. Cl.:

G08G 5/00

(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **17.03.2011 PCT/US2011/028795**

87 Fecha y número de publicación internacional: **08.12.2011 WO11152917**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **17.03.2011 E 11767313 (7)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **08.05.2019 EP 2561501**

54 Título: **Determinación de lugares de aterrizaje de emergencia para aeronaves**

30 Prioridad:

21.04.2010 US 764797

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:

07.02.2020

73 Titular/es:

**THE BOEING COMPANY (100.0%)
100 North Riverside Plaza
Chicago, IL 60606-1596 , US**

72 Inventor/es:

**SPINELLI, CHARLES, B.;
OFFER, BRADLEY, W.;
BRUCE, ALAN, E.;
LUSARDI, ROBERT y
CUSPARD, STEVEN, F.**

74 Agente/Representante:

CARVAJAL Y URQUIJO, Isabel

ES 2 740 951 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín Europeo de Patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre Concesión de Patentes Europeas).

DESCRIPCIÓN

Determinación de lugares de aterrizaje de emergencia para aeronaves

Antecedentes

5 La presente divulgación se refiere, en general, a la aviación de aeronaves y, más en concreto, a sistemas y métodos para determinar lugares de aterrizaje para aeronaves.

10 Las emergencias en vuelo que dan como resultado unos aterrizajes fuera de aeropuerto pueden dar como resultado la pérdida de vidas y propiedades. El problema de seleccionar un lugar de aterrizaje de emergencia adecuado es un problema complejo que se ha visto exacerbado por el desarrollo continuado de unas áreas previamente no desarrolladas, poco desarrolladas y / o desocupadas. Durante una emergencia en vuelo, los pilotos se han visto limitados a usar su planificación, su experiencia, su visión y su familiaridad con un área dada para seleccionar un lugar de aterrizaje de emergencia.

15 Durante un estado de emergencia, un piloto puede tener poco tiempo para determinar que es necesario que se ejecute un aterrizaje de emergencia, para hallar o seleccionar un lugar de aterrizaje adecuado, para ejecutar otros procedimientos de emergencia de aeronave, para preparar a los pasajeros y para pilotar entonces la aeronave hasta el lugar de aterrizaje seleccionado. Por lo tanto, la gestión de una emergencia en vuelo requiere unos procesos de toma de decisiones oportunos y precisos para proteger no solo las vidas a bordo de la aeronave, sino también para proteger las vidas y propiedades en tierra y para evitar una pérdida completa de la aeronave.

La divulgación que se realiza en el presente documento se presenta con respecto a estas y otras consideraciones.

20 La solicitud de patente de EE. UU. US 2007/138345 describe un sistema que funciona para guiar a una aeronave hasta o a lo largo de una ruta que está diseñada para mantener la aeronave dentro de una distancia de planeo seguro de un área de aterrizaje de emergencia aceptable. La solicitud de patente de EE. UU. US 2008/0154447 describe una herramienta de encaminamiento que puede recibir datos de vuelo y datos geográficos y usar los mismos para generar unos datos de ruta.

Sumario

25 Se debería apreciar que este Sumario se proporciona para presentar, en una forma simplificada, una selección de conceptos que se describen adicionalmente en lo sucesivo en la Descripción detallada. No se tiene por objeto que este Sumario sea usado para limitar el alcance de la materia objeto reivindicada.

De acuerdo con la presente invención, se proporciona un método implementado por ordenador de acuerdo con la reivindicación 1.

30 De acuerdo con la presente invención, se proporciona una herramienta de encaminamiento de acuerdo con la reivindicación 11.

35 Las características, funciones y ventajas que se analizan en el presente documento se pueden lograr de forma independiente en diversas formas de realización de la presente invención o se pueden combinar en aún otras formas de realización, detalles adicionales de las cuales se pueden ver con referencia a la descripción y los dibujos siguientes.

Breve descripción de los dibujos

La figura 1 ilustra de forma esquemática un diagrama de bloques de una herramienta de encaminamiento, de acuerdo con una forma de realización a modo de ejemplo.

40 La figura 2A ilustra una visualización de lugar de aterrizaje a modo de ejemplo, de acuerdo con una forma de realización a modo de ejemplo.

La figura 2B ilustra una vista de visualización de perfil de planeo a modo de ejemplo, de acuerdo con una forma de realización a modo de ejemplo.

45 La figura 3A ilustra una visualización en pantalla para una forma de realización a modo de ejemplo de la visualización de mapa móvil.

La figura 3B ilustra una vista de visualización de perfil de planeo a modo de ejemplo, de acuerdo con una forma de realización a modo de ejemplo.

La figura 4 ilustra una visualización de mapa que se genera por medio de la herramienta de encaminamiento, de acuerdo con una forma de realización a modo de ejemplo.

50 Las figuras 5A - B ilustran unos mapas de lugares de aterrizaje, de acuerdo con unas formas de realización a modo de ejemplo.

Las figuras **6A - B** ilustran de forma esquemática unos métodos de planificación de trayectorias de vuelo, de acuerdo con unas formas de realización a modo de ejemplo.

Las figuras **7A - B** ilustran detalles adicionales de la herramienta de encaminamiento, de acuerdo con unas formas de realización a modo de ejemplo.

5 La figura **8** ilustra la aplicación de restricciones de giro en una fase de actualización del algoritmo de planificación de trayectorias, de acuerdo con una forma de realización a modo de ejemplo.

La figura **9** muestra una rutina para determinar lugares de aterrizaje para aeronaves, de acuerdo con una forma de realización a modo de ejemplo.

10 Las figuras **10A - 0B** ilustran unas visualizaciones en pantalla que se proporcionan por medio de una interfaz gráfica de usuario (GUI) para la herramienta de encaminamiento, de acuerdo con unas formas de realización a modo de ejemplo.

La figura **11** muestra una arquitectura informática ilustrativa de una herramienta de encaminamiento, de acuerdo con una forma de realización a modo de ejemplo.

Descripción detallada

15 La siguiente descripción detallada se dirige a sistemas, métodos y medios legibles por ordenador para determinar lugares de aterrizaje para aeronaves. Utilizando los conceptos y las tecnologías que se describen en el presente documento, se pueden poner en práctica unas metodologías de encaminamiento y una herramienta de encaminamiento para identificar lugares de aterrizaje alcanzables dentro de una huella de planeo o con motor parado para la aeronave. Los lugares de aterrizaje alcanzables identificados pueden incluir lugares de aterrizaje en aeropuerto y lugares de aterrizaje fuera de aeropuerto.

20 De acuerdo con la invención, los lugares de aterrizaje alcanzables se evalúan para permitir la identificación y / o la selección de un lugar de aterrizaje recomendado o preferido. En particular, la evaluación de los lugares de aterrizaje puede comenzar con una operación de recopilación de datos, en donde se recogen datos de lugares de aterrizaje en relación con los lugares de aterrizaje alcanzables y / o datos de aeronave en relación con la posición de la aeronave y el desempeño. Los datos de lugares de aterrizaje pueden incluir, pero no se limitan a, datos de obstáculos, datos de terreno, datos meteorológicos, datos de tráfico, datos de población, y otros datos, la totalidad de los cuales se pueden usar para determinar una trayectoria de vuelo de entrada segura para cada lugar de aterrizaje identificado. Los datos de aeronave pueden incluir, pero no se limitan a, datos de sistema de posicionamiento global (GPS, *global positioning system*), altitud, orientación y datos de velocidad con respecto al aire, datos de perfil de planeo, datos de desempeño de aeronave y otra información.

25 De acuerdo con la invención, se genera un árbol de expansión de trayectorias de vuelo para trayectorias de vuelo de entrada seguras hasta los lugares de aterrizaje alcanzables determinados. El árbol de expansión de trayectorias de vuelo se genera a partir del lugar de aterrizaje y se hace que vuelva a la trayectoria de vuelo. En algunas formas de realización, los árboles de expansión se generan antes de o durante un vuelo, y pueden tener en cuenta una trayectoria de vuelo planificada o actual, una huella de planeo conocida o anticipada para la aeronave, oportunidades de inclinación transversal e información de tiempo de vuelo detallada. De acuerdo con la invención, los árboles de expansión están acompañados por un temporizador de cuenta atrás para cada rama visualizada del árbol de expansión, es decir, cada trayectoria de vuelo hasta un lugar de aterrizaje, estando configurado el temporizador de cuenta atrás para dotar a un usuario de una indicación en lo que respecta a durante cuánto tiempo la trayectoria de vuelo asociada permanece disponible como una opción de entrada segura para el lugar de aterrizaje asociado.

35 De acuerdo con diversas formas de realización, la recopilación de datos, el análisis de los datos, la identificación de los lugares de aterrizaje posibles, la generación de unos árboles de expansión para cada lugar de aterrizaje identificado y la selección de un lugar de aterrizaje se pueden llevar a cabo durante un proceso de la planificación de vuelo, en vuelo y / o en tiempo real a bordo de la aeronave o no a bordo. Por lo tanto, en algunas formas de realización el personal de la aeronave es capaz de involucrar al Control de Tráfico Aéreo (ATC, *Air Traffic Control*), Centros de Operaciones en el Aire (ADC, *Airborne Operations Center*) y / o Centros de Control de Tráfico Aéreo en Ruta (ARTCC, *Air Route Traffic Control Center*) en la identificación, el análisis y / o la selección de lugares de aterrizaje adecuados. El ATC, los AOC y / o los ARTCC se pueden configurar para supervisar y / o controlar una aeronave que está involucrada en una situación de emergencia, si se desea. Estas y otras ventajas y características se harán evidentes a partir de la descripción de las diversas formas de realización en lo sucesivo.

40 De principio a fin de la presente divulgación, las formas de realización se describen con respecto a las aeronaves tripuladas y lugares de aterrizaje en tierra. A pesar de que las aeronaves tripuladas y lugares de aterrizaje en tierra proporcionan ejemplos útiles para las formas de realización que se describen en el presente documento, estos ejemplos no se deberían interpretar como limitantes en modo alguno. Más bien, se debería entender que algunos conceptos y tecnologías que se presentan en el presente documento también pueden ser empleados por aeronaves no tripuladas así como otros vehículos incluyendo naves espaciales, helicópteros, planeadores, embarcaciones y otros vehículos. Además, los conceptos y las tecnologías que se presentan en el presente documento se pueden usar para identificar lugares de aterrizaje no en tierra tales como, por ejemplo, una cubierta de aterrizaje de un

portaaviones.

En la siguiente descripción detallada, se hace referencia a los dibujos adjuntos que forman una parte de la misma y que muestran, a modo de ilustración, formas de realización o ejemplos específicos. Cuando se hace referencia a los dibujos, números semejantes representan elementos semejantes de principio a fin de las varias figuras.

5 La figura 1 ilustra de forma esquemática un diagrama de bloques de una herramienta de encaminamiento **100**, de acuerdo con una forma de realización a modo de ejemplo. La herramienta de encaminamiento **100** se puede materializar en un sistema informático tal como una bolsa de vuelo electrónica (EFB, *electronic flight bag*); un ordenador personal (PC, *personal computer*); un dispositivo informático portátil tal como un bloc de notas, un equipo ultraportátil o un dispositivo informático de tipo tableta; y / o entre uno o más dispositivos informáticos, por ejemplo, uno o más servidores y / o sistemas basados en la web. Tal como se ha mencionado en lo que antecede, algo, nada o la totalidad de la funcionalidad y / o los componentes de la herramienta de encaminamiento **100** se puede proporcionar por medio de sistemas de a bordo de la aeronave o por medio de sistemas que no se encuentran a bordo.

15 La herramienta de encaminamiento **100** incluye un módulo de encaminamiento **102** que está configurado para proporcionar la funcionalidad que se describe en el presente documento incluyendo, pero sin limitarse a, identificar, analizar y seleccionar un lugar de aterrizaje seguro. Se debería entender que la funcionalidad del módulo de encaminamiento **102** se puede proporcionar por medio de otro soporte físico y / o soporte lógico en lugar o además del módulo de encaminamiento **102**. Por lo tanto, a pesar de que la funcionalidad que se describe en el presente documento se describe principalmente como que es proporcionada por el módulo de encaminamiento **102**, se debería entender que algo o la totalidad de la funcionalidad que se describe en el presente documento puede ser llevada a cabo por uno o más dispositivos que no sean, o además de, el módulo de encaminamiento **102**.

20 La herramienta de encaminamiento **100** incluye adicionalmente una o más bases de datos **104**. A pesar de que las bases de datos **104** se ilustran como un elemento unitario, se debería entender que la herramienta de encaminamiento **100** puede incluir un número de bases de datos. De forma similar, las bases de datos **104** pueden incluir una memoria u otro dispositivo de almacenamiento que está asociado con o en comunicación con la herramienta de encaminamiento **100**, y se puede configurar para almacenar una diversidad de datos que son usados por la herramienta de encaminamiento **100**. En la forma de realización ilustrada, las bases de datos **104** almacenan los datos de terreno **106**, los datos de espacio aéreo **108**, los datos meteorológicos **110**, los datos de vegetación **112**, los datos de infraestructura de transporte **114**, los datos de áreas pobladas **116**, los datos de obstrucciones **118**, los datos de servicios públicos **120** y / u otros datos (que no se ilustran).

25 Los datos de terreno **106** representan el terreno en un lugar de aterrizaje, así como a lo largo de una trayectoria de vuelo hasta el lugar de aterrizaje. Tal como se explicará en el presente documento con más detalle, los datos de terreno **106** se pueden usar para identificar una trayectoria de entrada segura hasta un lugar de aterrizaje, teniendo en cuenta el terreno, por ejemplo, montañas, colinas, cañones, ríos y similares. Los datos de espacio aéreo **108** pueden indicar un espacio aéreo que se encuentra disponible para generar una o más trayectorias de vuelo hasta los lugares de aterrizaje. Los datos de espacio aéreo **108** podrían indicar, por ejemplo, una instalación militar u otra área sensible sobre la cual las aeronaves no pueden volar de forma legal.

30 Los datos meteorológicos **110** pueden incluir datos que indican una información meteorológica, en particular, una información meteorológica histórica, tendencias y similares en el lugar de aterrizaje, así como a lo largo de una trayectoria de vuelo hasta el lugar de aterrizaje. Los datos de vegetación **112** pueden incluir datos que indican la ubicación, la altura, la densidad y otros aspectos de la vegetación en el lugar de aterrizaje, así como a lo largo de una trayectoria de vuelo hasta el lugar de aterrizaje, y se pueden referir a diversas obstrucciones naturales incluyendo, pero sin limitarse a, árboles, arbustos, plantas trepadoras y similares, así como la ausencia de los mismos. Por ejemplo, puede parecer que un campo grande es un lugar de aterrizaje seguro, pero los datos de vegetación **112** pueden indicar que el campo es un huerto de frutales, lo que puede excluir el uso del campo para un aterrizaje seguro.

35 Los datos de infraestructura de transporte **114** indican ubicaciones de caminos, vías de agua, raíles, aeropuertos, y otra información de transporte y de infraestructura de transporte. Los datos de infraestructura de transporte **114** se pueden usar para identificar el aeropuerto más cercano, por ejemplo. Este ejemplo es ilustrativo, y no se debería interpretar como limitante en modo alguno. Los datos de áreas pobladas **116** indican una información de población que está asociada con diversas ubicaciones, por ejemplo, un lugar de aterrizaje y / o áreas a lo largo de una trayectoria de vuelo hasta el lugar de aterrizaje. Los datos de áreas pobladas **116** pueden ser importantes cuando se considera un lugar de aterrizaje debido a que las vidas en tierra se pueden tener en cuenta durante el proceso de decisión.

40 Los datos de obstrucciones **118** pueden indicar obstrucciones en o en torno al lugar de aterrizaje, así como obstrucciones a lo largo de una trayectoria de vuelo hasta el lugar de aterrizaje. En algunas formas de realización, los datos de obstrucciones incluyen datos que indican obstrucciones realizadas por el hombre tales como líneas de

alimentación, torres de telefonía celular, torres de transmisión de televisión, torres de radio, centrales eléctricas, estadios, edificios y otras estructuras que podrían obstruir una trayectoria de vuelo hasta el lugar de aterrizaje. Los datos de servicios públicos **120** pueden incluir datos que indican cualquier servicio público en el lugar de aterrizaje, así como a lo largo de una trayectoria de vuelo hasta el lugar de aterrizaje. Los datos de servicios públicos **120** pueden indicar, por ejemplo, las ubicaciones, el tamaño y la altura de los gaseoductos, las líneas de alimentación, los cables de alta tensión, las centrales eléctricas y similares.

Los otros datos pueden incluir unos datos en relación con el tráfico peatonal, de vehículos y de aeronaves en los lugares de aterrizaje y a lo largo de una trayectoria de vuelo hasta los lugares de aterrizaje; acceso por tierra a y desde los lugares de aterrizaje; distancia desde recursos médicos; combinaciones de los mismos; y similares. Además, en algunas formas de realización, los otros datos almacenan unos planes de vuelo que son enviados por un piloto u otro personal de la aeronave. Se debería entender que los planes de vuelo se pueden enviar a otras entidades y, por lo tanto, se pueden almacenar en otras ubicaciones en lugar o además de las bases de datos **104**.

La herramienta de encaminamiento **100** también puede incluir una o más fuentes de datos en tiempo real **122**. Las fuentes de datos en tiempo real **122** pueden incluir unos datos que son generados en tiempo real o casi en tiempo real por diversos sensores y sistemas de o en comunicación con la aeronave. En la forma de realización ilustrada, las fuentes de datos en tiempo real incluyen unos datos meteorológicos en tiempo real **124**, unos datos de GPS **126**, unos datos de la propia aeronave **128** y otros datos **130**.

Los datos meteorológicos en tiempo real **124** incluyen datos en tiempo real o casi en tiempo real que indican las condiciones meteorológicas en la aeronave, en uno o más lugares de aterrizaje, y a lo largo de unas trayectorias de vuelo que terminan en los uno o más lugares de aterrizaje. Los datos de GPS **126** proporcionan una información de posicionamiento en tiempo real o casi en tiempo real para la aeronave, tal como es sabido en general. Los datos de la propia aeronave **128** incluyen unos datos de navegación en tiempo real tales como el rumbo, la velocidad, la altitud, la trayectoria, el cabeceo, la guiñada, el alabeo y similares. Los datos de la propia aeronave **128** se pueden actualizar de una forma casi constante de tal modo que en el caso de un fallo de motor o de otro sistema, el módulo de encaminamiento **102** puede determinar y / o analizar la trayectoria de la aeronave. Los datos de la propia aeronave **128** pueden incluir adicionalmente unos datos en tiempo real o casi en tiempo real que se recogen a partir de diversos sensores y / o sistemas de la aeronave y pueden indicar la velocidad con respecto al aire, la altitud, la actitud, indicaciones de aletas y de tren, nivel y flujo de combustible, rumbo, estado de sistema, advertencias e indicadores y similares, algunos, todos o ninguno de los cuales pueden ser relevantes para identificar, analizar y / o seleccionar un lugar de aterrizaje tal como se describe en el presente documento. Los otros datos **130** pueden incluir, por ejemplo, datos que indican tráfico de aeronaves en o cerca de un lugar de aterrizaje, así como a lo largo de una trayectoria de vuelo hasta el lugar de aterrizaje, información de tráfico aeroportuario en tiempo real y similares.

La herramienta de encaminamiento **100** también puede incluir un sistema de aprendizaje de desempeño **132** (PLS, *performance learning system*). El PLS **132** también puede incluir un procesador (que no se ilustra) para ejecutar un soporte lógico para proporcionar la funcionalidad del PLS **132**. Durante el funcionamiento, el procesador usa algoritmos de desempeño de aeronave para generar un modelo de desempeño de aeronave **134** a partir de las maniobras de vuelo. En algunas formas de realización, el PLS **132** está configurado para ejecutar un ciclo de generación de modelos durante el cual se determina y se almacena el modelo de desempeño **134**. El ciclo de generación de modelos puede comenzar con la ejecución de una o más maniobras, durante las cuales se pueden registrar datos a partir de uno o más sensores en o en comunicación con la aeronave. Los datos registrados se pueden evaluar para generar el modelo de desempeño de aeronave **134**, que puede representar entonces, por ejemplo, unas trayectorias de planeo de la aeronave en unas circunstancias particulares, el consumo de combustible durante las maniobras, un cambio en la velocidad o en la altitud durante las maniobras, otras características de desempeño, combinaciones de los mismos y similares. En algunas formas de realización, el modelo de desempeño **134** se actualiza de forma continua o periódica. Tal como se explicará con más detalle en lo sucesivo, el modelo de desempeño **134** se puede usar para permitir una evaluación más precisa de lugares de aterrizaje debido a que la evaluación se puede basar en unos datos de desempeño de aeronave reales, en contraposición a las suposiciones que se basan en parámetros operativos actuales y similares.

Durante el funcionamiento de la aeronave, los datos recuperados de las bases de datos **104**, los datos recuperados de las fuentes de datos en tiempo real **122** y / o el modelo de desempeño de aeronave **134** pueden ser usados por la herramienta de encaminamiento **100** para proporcionar múltiples capas de datos en un visualizador en vuelo **136** de la aeronave. El visualizador en vuelo **136** puede incluir cualquier visualizador adecuado de la aeronave tal como, por ejemplo, un visualizador de la EFB, un NAV, un visualizador de vuelo primario (PFD, *primary flight display*), un visualizador de proyección frontal (HUD, *heads up display*), o una unidad de visualización multifunción (MDU, *multifunction display unit*), un visualizador en vuelo **136** para su uso por el personal de la aeronave. Adicionalmente, o como alternativa, los datos se pueden pasar al módulo de encaminamiento **102** y / o un personal y sistemas no a bordo, para identificar lugares de aterrizaje seguros, para analizar los lugares de aterrizaje seguros y para seleccionar un lugar de aterrizaje y una trayectoria de vuelo hasta los lugares de aterrizaje seguros. En algunas formas de realización, la información de lugares de aterrizaje y de trayectoria de vuelo se puede pasar al

visualizador en vuelo **136** o a otro visualizador. Tal como se describirá en lo sucesivo, el visualizador en vuelo **136** u otro visualizador puede proporcionar una visualización de mapa móvil para correlacionar los lugares de aterrizaje y las trayectorias de vuelo a los mismos, visualizando vistas de visualización de perfil de planeo, tiempo meteorológico, obstrucciones, tiempo que queda para seguir una trayectoria de vuelo deseada y / u otros datos para permitir que el personal de la aeronave realice determinaciones. Adicionalmente, tal como se ha mencionado en lo que antecede, los datos se pueden transmitir al personal y / o a los sistemas no a bordo.

Pasando a continuación a la figura **2A**, se proporcionan detalles adicionales de la herramienta de encaminamiento **100**, de acuerdo con una forma de realización a modo de ejemplo. La figura **2A** ilustra una visualización de lugar de aterrizaje **200** a modo de ejemplo, que se puede generar por medio de la herramienta de encaminamiento **100**. La visualización de lugar de aterrizaje **200** incluye un lugar de aterrizaje **202**, y un área alrededor del lugar de aterrizaje **202**. El tamaño de la visualización de lugar de aterrizaje **200** se puede ajustar basándose en unos datos que se incluyen en la visualización **200** y / o unas preferencias. El lugar de aterrizaje **202** puede incluir una pista de aeropuerto, un campo, una carretera y / u otro lugar en aeropuerto o fuera de aeropuerto adecuado. En la forma de realización ilustrada, el lugar de aterrizaje **202** se ilustra dentro de una cuadrícula de zona de aterrizaje **204**, que representa de forma gráfica la distancia que se necesita en tierra para aterrizar de forma segura la aeronave.

El lugar de aterrizaje **202** ilustrado está delimitado en al menos tres lados con unas obstrucciones que evitan una entrada segura por la aeronave. En particular, un área de vegetación alta **206**, por ejemplo, árboles, delimita el lugar de aterrizaje **202** en los lados sur y este, evitando que la aeronave se aproxime al lugar de aterrizaje **202** desde el sur o el este. Adicionalmente, los edificios **208** y las líneas de alimentación **210** delimitan el lugar de aterrizaje **202** a lo largo del lado oeste y los lados noroeste. Estas características realizadas por el hombre y de origen natural limitan las posibles trayectorias de aproximación para la aeronave. Tal como se ilustra, se muestra un árbol de expansión que muestra las trayectorias de vuelo de entrada permitidas **212A - Q**. En la forma de realización ilustrada, la aeronave puede aterrizar en el lugar de aterrizaje **202** solo mediante la aproximación por medio de las trayectorias de vuelo **212A - G**, mientras que las trayectorias de vuelo **212H - Q** están obstruidas. La generación y el uso de unos árboles de expansión tales como el árbol de expansión que se ilustra en la figura **2A** se describirán con más detalle en lo sucesivo.

La figura **2B** ilustra una vista de visualización de perfil de planeo **220** a modo de ejemplo, de acuerdo con una forma de realización a modo de ejemplo. En algunas formas de realización, la vista de visualización de perfil de planeo **220** se genera por medio de la herramienta de encaminamiento **100** y se visualiza con la visualización de lugar de aterrizaje **200** para indicar un perfil de planeo **222** que es necesario que sea cumplido o superado por una aeronave con el fin de aterrizar con éxito y de forma segura en el lugar de aterrizaje **202**. La trayectoria de planeo **222** se representa gráficamente como una altitud frente a la distancia horizontal que es recorrida a lo largo de la trayectoria. La vista de visualización de perfil de planeo **220** incluye una indicación **224** de la posición actual de la aeronave. Tal como se ilustra en la figura **2B**, la aeronave tiene, en la actualidad, una altitud más que suficiente para alcanzar el lugar de aterrizaje **202**. De hecho, en la forma de realización ilustrada, la aeronave se ilustra como que se encuentra a aproximadamente novecientos pies (274 m) por encima del perfil de planeo de altitud mínima. Por lo tanto, el piloto de la aeronave necesitará descender con relativa rapidez para ejecutar con éxito el aterrizaje. Este ejemplo es ilustrativo, y se proporciona para fines de ilustración de los conceptos que se divulgan en el presente documento.

Pasando a continuación a las figuras **3A - B**, se ilustran unas visualizaciones en pantalla a modo de ejemplo de acuerdo con unas formas de realización a modo de ejemplo. En particular, la figura **3A** ilustra una visualización en pantalla **300** para una forma de realización a modo de ejemplo de la visualización de mapa móvil. La visualización en pantalla **300** se puede visualizar en el visualizador en vuelo **136**, un visualizador de ordenador de un sistema informático de a bordo, un visualizador de un sistema informático no a bordo u otro visualizador. La visualización en pantalla **300** ilustra una posición actual **302** de una aeronave que está a punto de realizar un aterrizaje planificado, por ejemplo, un aterrizaje de emergencia. La herramienta de encaminamiento **100** identifica dos lugares de aterrizaje **304A**, **304B** candidatos. Adicionalmente, la herramienta de encaminamiento **100** determina, basándose en cualquiera de los datos que se han descrito en lo que antecede, las trayectorias de entrada **306A**, **306B** para los lugares de aterrizaje **304A - B**. En la forma de realización ilustrada, la trayectoria de entrada **306A** es una trayectoria de entrada preferida debido a que la misma conduce al lugar de aterrizaje **304A** preferido, y la trayectoria de entrada **306B** es una trayectoria de entrada secundaria debido a que la misma conduce al lugar de aterrizaje secundario **304B**. Esta forma de realización es a modo de ejemplo.

Las trayectorias de entrada **306A - B** tienen en cuenta cualquiera de los datos que se describen en el presente documento incluyendo, pero sin limitarse a, los datos que se almacenan en la base de datos **104**. Adicionalmente, la herramienta de encaminamiento **100** está configurada para acceder a las fuentes de datos en tiempo real **122**, y puede visualizar unas indicaciones de tiempo **308A**, **308B**, que indican un tiempo que queda antes de que la aeronave haya de confirmar la trayectoria de entrada **306A**, **306B** respectiva con el fin de seguir de forma segura la ruta propuesta. En la figura **3A**, las indicaciones de tiempo **308A**, **308B** se visualizan como números sobre unos lugares de aterrizaje respectivos. En la forma de realización ilustrada, los números se corresponden con el número de segundos que quedan para que la aeronave confirme los lugares de aterrizaje **304A**, **304B** asociados y las trayectorias de entrada **306A**, **306B** y que siga haciendo un aterrizaje seguro. Por lo tanto, los números representan

un número de segundos que restan antes de que las trayectorias de entrada **306A - B** sean inválidas, suponiendo que la aeronave permanece en un curso sustancialmente equivalente a su curso actual. En la figura **3A**, la ruta recomendada **306A** permanece disponible durante 85 segundos, mientras que la segunda ruta **306B** permanece disponible durante 62 segundos, es decir, 23 segundos menos que la ruta recomendada **306A**.

5 Adicionalmente, en la visualización en pantalla **300** se visualizan unas indicaciones meteorológicas **310A, 310B**, que se corresponden con el tiempo meteorológico en los lugares de aterrizaje **304Ab, 304B**, de forma respectiva. Las indicaciones meteorológicas **310A - B** se corresponden con unos cielos nublados en el lugar de aterrizaje **304A**, y unos cielos despejados en el lugar de aterrizaje **304B**. Estas indicaciones son a modo de ejemplo, y no se deberían interpretar como limitantes en modo alguno. El tiempo meteorológico en los lugares de aterrizaje **304A - B** potenciales puede ser una información importante, debido a que una buena visibilidad es a menudo vital en una situación de aterrizaje de emergencia. De forma similar, determinadas condiciones meteorológicas tales como vientos fuertes, turbulencia, tormentas eléctricas, granizo y similares pueden imponer una tensión adicional sobre la aeronave y / o el piloto, complicando de ese modo el aterrizaje de lo que puede ser una aeronave ya dañada.

15 Pasando a continuación a la figura **3B**, se ilustra una vista de visualización de perfil de planeo **320**, de acuerdo con una forma de realización a modo de ejemplo. Tal como se ha explicado en lo que antecede con referencia a la figura **2B**, la herramienta de encaminamiento **100** se puede configurar para dotar a la vista de visualización de perfil de planeo **320** de la visualización de mapa móvil **300** para dotar al personal de la aeronave, o a otro, de una mejor comprensión de las opciones disponibles. La vista de visualización de perfil de planeo **320** incluye un indicador de posición actual de la aeronave **322**. En la vista de visualización de perfil de planeo **320** también se ilustran unas representaciones **324A, 324B** de unas trayectorias de planeo que se necesitan para entrar con éxito en los lugares de aterrizaje **304A, 304B** de la figura **3A**. Las representaciones **324A, 324B** ("trayectorias de planeo") se corresponden, de forma respectiva, con las trayectorias de entrada **306A, 306B** de la figura **3A**, y muestran la altitud que es necesaria para llegar de forma segura a los lugares de aterrizaje **304A, 304B**, de forma respectiva. Tal como se muestra en la figura **3B**, en la actualidad la aeronave tiene una altitud suficiente para aproximarse a ambos lugares de aterrizaje **304A - B**.

La vista de visualización de perfil de planeo **320** permite que el piloto visualice instantáneamente en dónde la aeronave es con respecto a los lugares de aterrizaje **304A - B** disponibles y / o las trayectorias de entrada **306A - B** en el plano vertical (de altitud). Por lo tanto, el módulo de encaminamiento **102** permite que el piloto evalúe más rápidamente los lugares de aterrizaje **306A - B** potenciales al visualizar continuamente la posición vertical de la aeronave por encima o por debajo de la trayectoria de aproximación a cada lugar. Esto permite un análisis a simple vista del mérito relativo y la factibilidad del lugar de aterrizaje.

La vista de visualización de perfil de planeo **320** puede ser una visualización activa o dinámica. Por ejemplo, la vista de visualización de perfil de planeo **320** se puede actualizar con frecuencia, por ejemplo, cada segundo, 5 segundos, 10 segundos, 1 minuto, 5 minutos o similares. Los lugares de aterrizaje **304A - B** potenciales que se encuentran disponibles dadas la posición y la altitud de la aeronave se pueden añadir a y / o retirar de la vista de visualización de perfil de planeo **320** a medida que la aeronave avanza a lo largo de su trayectoria de vuelo. Por lo tanto, si se plantea una situación de emergencia u otra necesidad de aterrizar, el piloto puede evaluar los lugares de aterrizaje **306A - B** cercanos y elegir de entre las trayectorias de planeo **324A - B** actualmente disponibles, que se calculan y se actualizan continuamente. En algunas formas de realización, el planeo de descenso **324A - B** se actualizan y / o se calculan a partir de una base de datos que se carga durante un ejercicio de planificación de vuelo.

La trayectoria de vuelo actual de la aeronave se puede conectar con la mejor trayectoria de entrada **306A - B** disponible mediante su propagación a la aeronave para que se alinee en cuanto a su posición y rumbo con la mejor trayectoria de entrada **306A** o **306B**. En la forma de realización ilustrada, la ruta secundaria o alternativa **306B** requiere más energía que la energía que se requiere para la ruta **306A** preferida. En el caso de una aeronave que está planeando con motor parado, la ruta alternativa **306B** requiere que la aeronave tenga que comenzar a una altitud más alta que la altitud que se requiere para que la aeronave planee a lo largo de la ruta **306A** preferida.

Pasando a continuación a la figura **4**, se ilustran detalles adicionales de la herramienta de encaminamiento, de acuerdo con una forma de realización a modo de ejemplo. La figura **4** muestra la visualización de mapa **400** que se genera por medio de la herramienta de encaminamiento **100**, de acuerdo con una forma de realización a modo de ejemplo. La visualización de mapa **400** incluye tres lugares de aterrizaje **402A, 402B, 402C** posibles que se pueden elegir durante una situación de emergencia, tal como, por ejemplo, un incendio en vuelo, un fallo de motor, un fallo de sistemas críticos, una emergencia médica, un secuestro aéreo, o cualquier otra situación en la que se garantiza un aterrizaje veloz.

La visualización de mapa **400** ilustra de forma gráfica obstrucciones y características que pueden ser importantes cuando se considera un aterrizaje de emergencia en un lugar de aterrizaje **402A - C** potencial. La visualización de mapa **400** ilustrada muestra los campos de golf **404A, 404B**, las masas de agua **406A, 406B**, los campos **408A, 408B** y otras obstrucciones **410** tales como líneas de alimentación, puentes, rutas de transbordadores, edificios, torres, centros de población y similares. En la forma de realización ilustrada, los lugares de aterrizaje **402A - C**

potenciales son aeropuertos. Tal como es sabido en general, una zona de aterrizaje para un aeropuerto tiene las restricciones con respecto a cómo y en dónde puede tener lugar una toma de contacto. En particular, si una aeronave necesita una distancia D después de una toma de contacto para llegar a una detención completa, es necesario que la aeronave tome contacto en un punto sobre la pista, y dirigiéndose en una dirección a lo largo de la pista, de tal modo que existe al menos la distancia D entre el punto de toma de contacto y el final de la pista u otra obstrucción. Por lo tanto, un piloto u otro personal de la aeronave puede necesitar esta información para llegar al lugar de aterrizaje **402A - C** en una configuración que hace posible un aterrizaje seguro. Por lo general, no obstante, el piloto u otro personal de la aeronave no tiene tiempo para determinar esta información durante una situación de emergencia. Adicionalmente, puede que el nivel de detalle que es necesario para determinar esta información no se encuentre disponible en un mapa de aviación típico.

Las figuras **5A - B** ilustran este problema. La figura **5A** ilustra un mapa de lugares de aterrizaje **500A**, de acuerdo con una forma de realización a modo de ejemplo. El mapa de lugares de aterrizaje **500A** incluye un punto de toma de contacto **502**. El punto de toma de contacto **502** está rodeado por un círculo **504** con un radio D . El radio D se corresponde con la distancia necesaria desde la toma de contacto para llevar la aeronave a una detención completa y, por lo tanto, representa una distancia que se necesita desde el punto de toma de contacto **502** hasta un punto de detención para aterrizar de forma segura la aeronave. Por lo tanto, el círculo **504** ilustra los puntos posibles en los que la aeronave se podría detener si la aeronave aterriza en el punto de toma de contacto **502**. Tal como se puede ver en la figura **5A**, solo un pequeño número de rumbos **506** son seguros para ejecutar un aterrizaje en el punto de toma de contacto **502**.

Pasando a continuación a la figura **5B**, se ilustra otro mapa de lugares de aterrizaje **500B**, de acuerdo con una forma de realización a modo de ejemplo. La figura **5B** ilustra dos subarcos **506A**, **506B**, que se corresponden con los rumbos **508** a lo largo del círculo **504** en el que la aeronave puede aterrizar de forma segura en el punto de toma de contacto **502** ilustrado. Los subarcos **506A - B** y el círculo **504** ilustrados son a modo de ejemplo. De acuerdo con los conceptos y las tecnologías que se describen en el presente documento, la orientación de los subarcos **506A - B** se determina y se almacena en la herramienta de encaminamiento **100**, por ejemplo, durante la planificación de vuelo o durante la entrada en el lugar de aterrizaje durante un estado de emergencia.

El módulo de encaminamiento **102** está configurado para determinar los subarcos **506A - B** al comenzar en el punto de toma de contacto **502** y trabajar hacia atrás hacia la ubicación actual. Basándose en un conocimiento de las restricciones con respecto al área de aterrizaje, por ejemplo, terreno, obstáculos, líneas de alimentación, edificios, vegetación y similares, el módulo de encaminamiento **102** limita los puntos de toma de contacto a los subarcos **506A - B**. El módulo de encaminamiento **102** determina estos subarcos **506A - B** basándose en el modelo de desempeño de aeronave **134** conocido y / o el conocimiento de parámetros en relación con el desempeño de aeronave en unas condiciones con un motor fuera de servicio. En particular, el módulo de encaminamiento **102** ejecuta una función basándose en el coeficiente de resistencia aerodinámica con sustentación nula y el coeficiente de resistencia aerodinámica inducida. Con el conocimiento de estos coeficientes, el peso de la aeronave y la altitud actual, el módulo de encaminamiento **102** puede determinar una velocidad a la que se debería hacer volar la aeronave durante la entrada en el lugar de aterrizaje y / o el punto de toma de contacto **502**.

Adicionalmente, el módulo de encaminamiento **102** determina cómo es necesario que la aeronave gire para llegar al lugar de aterrizaje con el rumbo correcto para un aterrizaje seguro. El módulo de encaminamiento **102** está configurado para usar giros de régimen convencional de tres grados por segundo para determinar cómo girar la aeronave y para verificar que la aeronave puede llegar de forma segura al lugar de aterrizaje con la velocidad y el rumbo correctos, y dentro de una restricción de tiempo. Se debería entender que se puede usar cualquier régimen de giro, incluyendo regímenes variables, y que el modelo de desempeño **134** se puede usar para adaptar estos cálculos a unos valores conocidos para la aeronave. El módulo de encaminamiento **102** emite un ángulo de inclinación lateral, que se visualiza en la cabina, para dar instrucciones al piloto en lo que respecta a cómo ejecutar giros para llegar al lugar de aterrizaje de forma segura. En la práctica, la aeronave vuela a lo largo de la trayectoria de entrada a la relación máxima de la sustentación con respecto a la resistencia aerodinámica (L / D). Mientras tanto, el módulo de encaminamiento **102** suministra al piloto el ángulo de inclinación lateral que se requiere para aproximarse al lugar de aterrizaje a lo largo del rumbo correcto para los subarcos **506A - B** conocidos. Los ángulos de inclinación lateral se visualizan en la cabina de tal modo que el piloto pueda volar de forma precisa hasta el lugar de aterrizaje sin que se rebase o no se llegue a la trayectoria de vuelo ideal.

Pasando a continuación a las figuras **6A - B**, se describirá con más detalle la lógica que es empleada por el módulo de encaminamiento **102**. Algunos algoritmos de encaminamiento construyen unos árboles de expansión que tienen sus raíces en el origen de la trayectoria. Se añaden ubicaciones en el espacio al árbol de expansión cuando el algoritmo sabe la ruta de coste mínimo hasta ese punto en el espacio. La mayor parte de las aplicaciones del algoritmo se detienen cuando se añade un destino al árbol de expansión. El módulo de encaminamiento **102** de la herramienta de encaminamiento **100**, por otro lado, está configurado para construir unos árboles de expansión que tienen sus raíces en uno o más puntos de toma de contacto **502**. Los árboles de expansión crecen hacia fuera a partir de los puntos de toma de contacto **502**. Un ejemplo de un árbol de expansión de este tipo se ilustra en lo que antecede en la figura **2A**. Al construir los árboles de expansión, el módulo de encaminamiento **102** minimiza los

cambios de altitud al tiempo que se mueve lejos de los puntos de toma de contacto **502**.

Una vez que se ha construido el árbol de expansión, la herramienta de encaminamiento **100** o el módulo de encaminamiento **102** puede consultar el árbol de expansión desde cualquier ubicación y saber qué altitud mínima es necesaria para alcanzar el punto de toma de contacto **502** asociado a partir de esa ubicación. Adicionalmente, al seguir una rama del árbol de expansión, el módulo de encaminamiento **102** establece de forma instantánea la ruta que minimizará la pérdida de altitud durante la entrada en el lugar de aterrizaje.

En algunas formas de realización de la herramienta de encaminamiento **100** y / o el módulo de encaminamiento **102** que se divulgan en el presente documento, los árboles de expansión para cada lugar de aterrizaje a lo largo de una trayectoria de vuelo se pueden generar en tiempo real, y se pueden calcular previamente durante una fase de planificación de vuelo y / o calcularse en tiempo real o casi en tiempo real durante una situación de emergencia. Con el árbol de expansión, el módulo de encaminamiento **102** puede determinar la trayectoria de coste mínimo hasta el origen, en donde el coste puede ser una función del tiempo, de la energía y / o del combustible.

Las figuras **6A - B** ilustran de forma esquemática unos métodos de planificación de trayectorias de vuelo, de acuerdo con unas formas de realización a modo de ejemplo. Haciendo referencia en primer lugar a la figura **6A**, un mapa **600A** ilustra de forma esquemática un primer método para planificar una trayectoria de vuelo. Sobre el mapa **600A**, un indicador de la propia aeronave **602A** muestra la posición y el rumbo actuales de una aeronave. El mapa **600A** también indica el terreno **604** que es demasiado alto para que la aeronave lo sobrevuele en la forma de realización ilustrada. Para fines de ilustración, se supone en el presente documento que la aeronave necesita girar hacia el interior del cañón **606**, el comienzo del cual se representa por medio de la indicación **608**. Usando un algoritmo de planificación de trayectorias convencional, una trayectoria de vuelo **610A** se genera a partir de la posición y el rumbo actuales **602A**. En esencia, el algoritmo busca la ruta de coste mínimo hasta el punto de entrada que se indica por medio de la indicación **608**. El algoritmo buscará ampliar la ruta para la aeronave a partir de esa ubicación. Desafortunadamente, a partir del punto de entrada que se indica por medio de la indicación **608**, la aeronave no será capaz de completar el giro sin chocar con el terreno **604**.

Pasando a continuación a la figura **6B**, un mapa **600B** ilustra de forma esquemática un segundo método para planificar una trayectoria de vuelo. Más en concreto, el mapa **600B** ilustra de forma esquemática un método que es usado por el módulo de encaminamiento **102**, de acuerdo con una forma de realización a modo de ejemplo. El algoritmo que se usa en la figura **6B** comienza en el punto de entrada que se indica por medio de la indicación **608**, y trabaja hacia atrás hasta la posición y el rumbo actuales que se indican por medio del indicador de la propia aeronave **602B**. Por lo tanto, el algoritmo determina que, con el fin de entrar en el cañón **606**, la aeronave ha de volar a lo largo de la trayectoria de vuelo **610B**. En particular, en primer lugar la aeronave ha de incurrir en un coste al realizar un giro a la izquierda **612** y, entonces, realizar un giro a la derecha largo y costoso **614** para ponerse en línea con el cañón **606**. Se debería entender que los escenarios que se ilustran en las figuras **6A - B** son a modo de ejemplo.

Pasando a continuación a la figura **7A**, detalles adicionales de la herramienta de encaminamiento **100** se describen con más detalle. En la figura **7A**, una aeronave **700** está volando hacia el sur y está intentando aterrizar sobre una zona de aterrizaje de este a oeste **702**. La proximidad de la aeronave **700** a la zona de aterrizaje **702** hace que una entrada segura por medio de un giro directo de 90° en el punto **A** sea poco segura y / o imposible. De acuerdo con los conceptos y las tecnologías que se divulgan en el presente documento, el módulo de encaminamiento **102** comienza en la zona de aterrizaje **702** y trabaja hacia atrás hasta la aeronave **700**. Al hacer esto, el módulo de encaminamiento podría determinar, en la forma de realización ilustrada, que la aeronave **700** ha de realizar un giro de 270° comenzando en el punto **A** y continuando a lo largo de la trayectoria de vuelo **704** para llegar a la zona de aterrizaje **702** en la orientación correcta. Por lo tanto, la aeronave **700** podría cruzar el punto **A** dos veces durante la aproximación, a pesar de que esto es a modo de ejemplo. Tal como es sabido en general, los algoritmos de planificación de trayectorias convencionales se diseñan para dar cabida a solo una trayectoria, la cual es una trayectoria que pasa solo una vez por cualquier punto particular en el espacio. Por lo tanto, la trayectoria de vuelo **704** no se generaría usando un algoritmo de planificación de trayectorias convencional.

De acuerdo con unas formas de realización a modo de ejemplo, el módulo de encaminamiento **102** incluye una funcionalidad de planificación de trayectorias que añade una dimensión angular al espacio. Por lo tanto, en lugar de buscar por un espacio bidimensional, el algoritmo trabaja en tres dimensiones, en donde la tercera dimensión es el rumbo de la aeronave. Para la trayectoria de vuelo **704** que se ilustra en la figura **7A**, las trayectorias de vuelo **704** pueden cruzar por encima de sí mismas siempre que las múltiples rutas por encima de un punto sean con diferentes rumbos. La funcionalidad del enfoque tridimensional se ilustra en general en la figura **7B**.

Pasando a continuación a la figura **8**, detalles adicionales de la herramienta de encaminamiento **100** se describen con detalle. La figura **8** ilustra en general la aplicación de restricciones de giro en una fase de actualización del algoritmo de planificación de trayectorias. Cuando se añade un punto en el espacio al árbol de expansión, el algoritmo intenta ampliar la trayectoria hasta unos puntos vecinos en el espacio. Para las situaciones con restricciones de giro, los vecinos que pueden alcanzarse están restringidos tal como se muestra en la figura **8**. Una

posición y un rumbo actuales **800** de una aeronave en un punto **802** que se acababa de añadir al árbol de expansión se ilustra en la figura **8**. Los puntos **806** representan unos puntos vecinos que el algoritmo intentará alcanzar cuando se amplía la trayectoria.

5 Las restricciones de giro no se limitan a radio de giro particular alguno. El radio de giro **808A** puede ser diferente del
 radio de giro **808B**. El algoritmo puede intentar diferentes radios de giro en un intento de minimizar la pérdida de
 altitud. Por ejemplo, si la aeronave está intentando alcanzar un punto por detrás de su posición actual. Esta podría
 usar un giro controlado que tiene menos pérdida de altitud por grado de giro. Esta también podría realizar un giro
 más cerrado con más pérdida de altitud por grado de giro. La distancia más larga del giro controlado podría dar
 como resultado más pérdida de altitud total que el giro más cerrado y más corto. Si el giro más cerrado produce
 10 menos pérdida de altitud total, el algoritmo usará el giro más cerrado.

15 A pesar de que es relativamente costosa desde un punto de vista computacional, la generación de los árboles de
 expansión se puede llevar a cabo antes de la salida. Una base de datos de árboles de expansión que tienen sus
 raíces en diversas ubicaciones de aterrizaje y en diversas condiciones se puede cargar en la aeronave para su uso
 durante un vuelo. En cualquier punto durante el vuelo, la posición y el rumbo actuales de la aeronave se pueden
 comparar con unos árboles de expansión que tienen sus raíces en el área local. Debido a que la altitud para los
 puntos a lo largo del árbol de expansión se calcula previamente en el árbol de expansión, la herramienta de
 encaminamiento **100** puede saber de forma instantánea a qué altitud es necesario que se encuentre la aeronave con
 el fin de poder llegar a la ubicación de aterrizaje dada. Esta también conocerá de forma instantánea la trayectoria
 que se ha de tomar para una pérdida de altitud mínima.

20 Si la aeronave se encuentra a una altitud mayor que la altitud máxima del árbol de expansión, es necesario que el
 ordenador de a bordo conecte la ubicación y el rumbo actuales de la aeronave con el árbol de expansión.
 Comenzando con el punto en el árbol de expansión que se encuentra más cerca de la posición de la aeronave, el
 módulo de encaminamiento **102** busca los puntos en el árbol de expansión para hallar el primer punto que sigue
 siendo factible después de considerar las pérdidas de altitud en las que se incurre al volar hasta ese punto y un
 25 rumbo asociado. Desde un punto de vista computacional, esto solo involucra una clasificación espacial simple y un
 cálculo de dos giros.

Pasando a continuación a la figura **9**, se proporcionarán detalles adicionales con respecto a las formas de
 realización que se presentan en el presente documento para determinar lugares de aterrizaje para aeronaves. Se
 debería apreciar que las operaciones lógicas que se describen en el presente documento se ponen en práctica (1)
 30 como una secuencia de actos implementados por ordenador o módulos de programa que se encuentran en
 ejecución en un sistema informático y / o (2) como circuitos lógicos de máquina interconectados o módulos de
 circuito dentro del sistema informático. La implementación es una cuestión de elección que depende del desempeño
 y otros parámetros operativos del sistema informático. Por consiguiente, se hace referencia de forma diversa a las
 operaciones lógicas que se describen en el presente documento como operaciones, dispositivos estructurales, actos
 35 o módulos. Estas operaciones, dispositivos estructurales, actos y módulos se pueden poner en práctica en soporte
 lógico, en soporte lógico inalterable, soporte físico, en lógica digital para fines especiales, y cualquier combinación
 de los mismos. También se debería apreciar que se pueden llevar a cabo más o menos operaciones de las que se
 muestran en las figuras y se describen en el presente documento. Estas operaciones también se pueden llevar a
 cabo en paralelo, o en un orden diferente del de las que se describen en el presente documento.

40 La figura **9** muestra una rutina **900** para determinar lugares de aterrizaje para una aeronave, de acuerdo con una
 forma de realización a modo de ejemplo. En una forma de realización, la rutina **900** es llevada a cabo por el módulo
 de encaminamiento **102** que se ha descrito en lo que antecede con referencia a la figura **1**. Se debería entender que
 esta forma de realización es a modo de ejemplo, y que la rutina **900** puede ser llevada a cabo por otro módulo o
 componente de un sistema de aviónica de la aeronave; por un sistema, módulo y / o componente no a bordo; y / o
 45 por combinaciones de módulos, sistemas y componentes de a bordo y no a bordo. La rutina **900** comienza en la
 operación **902**, en la que se reciben unos datos de vuelo. Los datos de vuelo pueden incluir unos planes de vuelo
 que indican una trayectoria para un vuelo planificado. La trayectoria de vuelo puede ser analizada por el módulo de
 encaminamiento **102** para identificar lugares de aterrizaje tales como aeropuertos, y lugares de aterrizaje
 alternativos tales como campos, campos de golf, carreteras y similares. El módulo de encaminamiento **102** puede
 50 acceder a una o más de las bases de datos **104** para buscar, reconocer e identificar lugares de aterrizaje
 alternativos posibles para la trayectoria de vuelo prevista.

La rutina **900** avanza de la operación **902** a la operación **904**, en la que los árboles de expansión se pueden generar
 para cada lugar de aterrizaje identificado y / o lugar de aterrizaje alternativo. Tal como se ha explicado en lo que
 antecede, los árboles de expansión se pueden generar a partir de los lugares de aterrizaje, volviendo al espacio
 55 aéreo a lo largo del cual se desplaza la trayectoria de vuelo. En algunas formas de realización, un árbol de
 expansión se genera para cada lugar de aterrizaje a lo largo de la trayectoria de vuelo o dentro de un rango
 especificado de la trayectoria de vuelo. El rango especificado se puede determinar basándose en la altitud y / o
 velocidad de crucero prevista y, por lo tanto, el perfil de planeo previsto que la aeronave puede tener en el caso de
 un estado de emergencia. Se debería entender que esta forma de realización es a modo de ejemplo, y que se

pueden usar otros factores para determinar los lugares de aterrizaje para los que se deberían generar unos árboles de expansión.

5 La rutina **900** avanza de la operación **904** a la operación **906**, en la que los árboles de expansión generados se cargan en una ubicación de almacenamiento de datos. La ubicación de almacenamiento de datos se puede encontrar a bordo de la aeronave, o en el ATC, el ARTCC, el AOC u otra ubicación. En algún instante en el tiempo, la aeronave comienza el vuelo. La rutina **900** avanza de la operación **906** a la operación **908**, en la que en respuesta a un estado de emergencia, las bases de datos de expansión se recuperan del dispositivo de almacenamiento de datos. La rutina **900** avanza de la operación **908** a la operación **910**, en la que los árboles de expansión se analizan para identificar uno o más lugares de aterrizaje alcanzables, y para solicitar la recuperación de información de lugares de aterrizaje tal como la distancia desde una posición actual, el tiempo meteorológico en los lugares de aterrizaje, un tiempo en el que se puede seleccionar la ruta hasta el lugar de aterrizaje, y similares. La rutina **900** avanza de la operación **910** a la operación **912**, en la que la información que indica los lugares de aterrizaje y una información en relación con los lugares de aterrizaje tales como la distancia desde una ubicación actual, el tiempo meteorológico en los lugares de aterrizaje, un tiempo en el que la ruta hasta el lugar de aterrizaje se ha de seleccionar y similares, se visualizan para el personal de la aeronave. Además de visualizar una visualización de mapa móvil con los lugares de aterrizaje alcanzables y una información en relación con esos lugares de aterrizaje, la herramienta de encaminamiento **100** puede obtener unos datos en tiempo real adicionales tales como, por ejemplo, los datos meteorológicos entre la posición actual y los lugares de aterrizaje, datos de tráfico en o cerca de los lugares de aterrizaje y similares, y puede visualizar estos datos al personal de la aeronave.

20 La rutina **900** avanza de la operación **910** a la operación **912**, en la que se selecciona un lugar de aterrizaje, y la aeronave comienza a volar hasta el lugar de aterrizaje seleccionado. Al seleccionar el lugar de aterrizaje, se pueden considerar las condiciones meteorológicas en el lugar de aterrizaje, cerca del lugar de aterrizaje, o en una trayectoria hasta el lugar de aterrizaje debido a que la visibilidad puede ser una componente vital de una entrada con éxito y segura en un lugar de aterrizaje. La rutina **900** avanza a la operación **914**, en la que finaliza la rutina **900**.

25 Haciendo referencia a continuación a las figuras **10A - 0B**, se ilustran unas visualizaciones en pantalla **1000A**, **1000B** que se proporcionan por medio de una interfaz gráfica de usuario (GUI, *graphical user interface*) para la herramienta de encaminamiento **100**, de acuerdo con unas formas de realización a modo de ejemplo. Las visualizaciones en pantalla **1000A - B** se pueden visualizar en el visualizador de vuelo primario (PFD, *primary flight display*) del piloto, si la aeronave está equipada de este modo, o en otros visualizadores y / o dispositivos de visualización, si se desea. La figura **10A** ilustra una visualización en pantalla tridimensional **1000A** que se proporciona por medio de la herramienta de encaminamiento **100**, de acuerdo con una forma de realización a modo de ejemplo. La línea **1002** representa una trayectoria de vuelo que se requiere para entrar de forma segura en el lugar de aterrizaje, y para tomar contacto en el punto de toma de contacto **1004**. La vista de la figura **10A** se muestra desde la perspectiva de la cabina. Desde la perspectiva ilustrada, es evidente que, en la actualidad, la aeronave se encuentra por encima de la altitud mínima que se requiere para un aterrizaje seguro, tal como se indica por medio de la línea **1002**. Por lo tanto, la aeronave tiene la suficiente energía para alcanzar el punto de toma de contacto **1004**.

30 La figura **10B** ilustra otra visualización en pantalla tridimensional **1000B** que se proporciona por medio de la herramienta de encaminamiento **100**, de acuerdo con otra forma de realización a modo de ejemplo. En particular, la figura **10B** ilustra una trayectoria de vuelo **1010** para entrar en un lugar de aterrizaje. La trayectoria de vuelo incluye los objetivos **1012**. Durante una aproximación, el piloto intenta pasar la aeronave a través de los objetivos **1012**. Tras pasar a través de la totalidad de los objetivos **1012**, la aeronave se encuentra en posición para aterrizar en el lugar de aterrizaje. Por lo tanto, la GUI que se proporciona por medio de la herramienta de encaminamiento **100** se puede configurar para proporcionar una guía para que un piloto dirija una aeronave hasta un lugar de aterrizaje en una emergencia. Estas formas de realización son a modo de ejemplo, y no se deberían interpretar como limitantes en modo alguno.

De acuerdo con diversas formas de realización, la herramienta de encaminamiento **100** interacciona con un ATC, un ARTCC o un AOC para intercambiar información acerca de lugares de aterrizaje potenciales a medida que progresa el vuelo, o para permitir que el ATC, o el AOC supervise o controle una aeronave en dificultades, o que vuelva potencialmente a encaminar otras aeronaves en el área para potenciar la seguridad de entrada. De acuerdo con otras formas de realización, la herramienta de encaminamiento **100** está configurada para notificar el estado de aeronave de acuerdo con una programación previamente determinada o tras la aparición de sucesos de desencadenamiento tales como, por ejemplo, cambios súbitos en la altitud, la desactivación de una funcionalidad de piloto automático, la aproximación a no más de 100 millas (161 km) u otra distancia de un lugar de aterrizaje previsto, u otros sucesos. De acuerdo con aún otras formas de realización, la herramienta de encaminamiento **100** determina, en tiempo real, lugares de aterrizaje potenciales con la ayuda de un sistema informático no a bordo tal como, por ejemplo, un sistema que está asociado con un ATC, un ARTCC o un AOC. El módulo de encaminamiento puede transmitir o recibir la información a través del sistema de mensajería de boletín de operaciones de vuelo (FOB, *flight operations bulletin*) actual u otro sistema.

El ATC, el ARTCC y / o el AOC tienen la capacidad de enviar por enlace ascendente una información acerca de los lugares de aterrizaje de emergencia potenciales a medida que la aeronave progresa en su trayectoria de vuelo. Por ejemplo, el ATC, el ARTCC y / o el AOC pueden usar datos en las bases de datos **104** y datos a partir de las fuentes de datos en tiempo real **122** para determinar un lugar de aterrizaje para la aeronave. La información en relación con los lugares de aterrizaje puede ser enviada por enlace ascendente por cualquier número de medios de enlace ascendente a la aeronave. El ATC, el ARTCC y / o el AOC radiodifunden la información a unos intervalos regulares, cuando se notifica una emergencia, y / o cuando se origina una solicitud procedente del personal autorizado de la aeronave.

En otra forma de realización, la aeronave radiodifunde lugares de aterrizaje potenciales al ATC, el ARTCC o el AOC a medida que la aeronave progresa en su vuelo. Como alternativa, la aeronave radiodifunde solo cuando existe una emergencia o cuando se realiza una solicitud de información a partir del ATC, el ARTCC o el AOC. Por lo tanto, el ATC, el ARTCC o el AOC puede identificar, en tiempo real o casi en tiempo real, el lugar de aterrizaje elegido de una aeronave que da a conocer una emergencia. Si resulta apropiado, otro tráfico se puede volver a encaminar para asegurar una entrada segura en el lugar de aterrizaje elegido. Se debería entender que la aeronave y el ATC, el ARTCC o el AOC pueden tener una información continua, autónoma e instantánea acerca de las elecciones de lugares de aterrizaje, añadiendo de ese modo una capa adicional de seguridad a la herramienta de encaminamiento **100**.

La figura **11** muestra una arquitectura informática **1100** ilustrativa de una herramienta de encaminamiento **100** capaz de ejecutar los componentes de soporte lógico que se describen en el presente documento para determinar lugares de aterrizaje para aeronaves, tal como se presentan en el presente documento. Tal como se ha explicado en lo que antecede, la herramienta de encaminamiento **100** se puede materializar en un único dispositivo informático o en una combinación de una o más unidades de procesamiento, unidades de almacenamiento, y / u otros dispositivos informáticos implementados en los sistemas de aviónica de la aeronave y / o un sistema informático de un ATC, un AOC u otro sistema informático no a bordo. La arquitectura informática **1100** incluye una o más unidades centrales de procesamiento **1102** ("CPU", *central processing unit*), una memoria de sistema **1108**, incluyendo una memoria de acceso aleatorio **1114** ("RAM", *random access memory*) y una memoria de solo lectura **1116** ("ROM", *read-only memory*) y un bus de sistema **1104** que acopla la memoria con las CPU **1102**.

Las CPU **1102** pueden ser procesadores programables convencionales que llevan a cabo operaciones aritméticas y lógicas que son necesarias para el funcionamiento de la arquitectura informática **1100**. Las CPU **1102** pueden llevar a cabo las operaciones necesarias mediante la realización de una transición de un estado físico y discreto al siguiente a través de la manipulación de elementos de conmutación que diferencian entre estos estados y cambiar los mismos. Los elementos de conmutación pueden incluir, en general, circuitos electrónicos que mantienen uno de dos estados binarios, tales como circuitos biestables, y circuitos electrónicos que proporcionan un estado de salida basándose en la combinación lógica de los estados de otros uno o más elementos de conmutación, tales como puertas lógicas. Estos elementos de conmutación básicos se pueden combinar para crear circuitos lógicos más complejos, incluyendo registros, sumadores - restadores, unidades aritméticas lógicas, unidades de coma flotante y similares.

La arquitectura informática **1100** también incluye un dispositivo de almacenamiento masivo **1110**. El dispositivo de almacenamiento masivo **1110** se puede conectar con las CPU **1102** a través de un controlador de almacenamiento masivo (que no se muestra) que está adicionalmente conectado con el bus **1104**. El dispositivo de almacenamiento masivo **1110** y sus medios legibles por ordenador asociados proporcionan un almacenamiento no volátil para la arquitectura informática **1100**. El dispositivo de almacenamiento masivo **1110** puede almacenar diversos sistemas de aviónica y sistemas de control, así como módulos para aplicaciones específicas u otros módulos de programa, tales como el módulo de encaminamiento **102** y las bases de datos **104** que se han descrito en lo que antecede con referencia a la figura **1**. El dispositivo de almacenamiento masivo **1110** también puede almacenar los datos que son recopilados o utilizados por los diversos sistemas y módulos.

La arquitectura informática **1100** puede almacenar programas y datos en el dispositivo de almacenamiento masivo **1110** mediante la transformación del estado físico del dispositivo de almacenamiento masivo para reflejar la información que se está almacenando. La transformación específica del estado físico puede depender de diversos factores, en diferentes implementaciones de la presente divulgación. Los ejemplos de tales factores pueden incluir, pero no se limitan a, la tecnología que se para implementar el dispositivo de almacenamiento masivo **1110**, si el dispositivo de almacenamiento masivo se caracteriza como almacenamiento primario o secundario y similares. Por ejemplo, la arquitectura informática **1100** puede almacenar información en el dispositivo de almacenamiento masivo **1110** mediante el envío de instrucciones a través del controlador de almacenamiento para alterar las características magnéticas de una ubicación particular dentro de un dispositivo de unidad de disco magnético, las características de reflexión o de refracción de una ubicación particular en un dispositivo de almacenamiento óptico, o las características eléctricas de un condensador, transistor, u otro componente discreto particular en un dispositivo de almacenamiento de estado sólido. Son posibles otras transformaciones de medios físicos sin apartarse del alcance ni del espíritu de la presente descripción, proporcionándose los ejemplos anteriores solo para facilitar esta descripción. La arquitectura informática **1100** puede adicionalmente leer información a partir del dispositivo de

almacenamiento masivo **1110** mediante la detección de las características o estados físicos de una o más ubicaciones particulares dentro del dispositivo de almacenamiento masivo.

5 A pesar de que la descripción de medios legibles por ordenador que está contenida en el presente documento se refiere a un dispositivo de almacenamiento masivo, tal como una unidad de disco duro o de CD-ROM, debería ser apreciado por los expertos en la materia que los medios legibles por ordenador pueden ser cualesquiera medios de almacenamiento informático disponibles a los que se pueda acceder por medio de la arquitectura informática **1100**.
10 A modo de ejemplo, y no de limitación, los medios legibles por ordenador pueden incluir medios volátiles y no volátiles y extraíbles y no extraíbles que se ponen en práctica en cualquier método o tecnología para el almacenamiento de información tal como instrucciones legibles por ordenador, estructuras de datos, módulos de programa u otros datos. Por ejemplo, los medios informáticos de almacenamiento incluyen, pero no se limitan a, RAM, ROM, EPROM, EEPROM, memoria flash u otra tecnología de memoria de estado sólido, CD-ROM, discos versátiles digitales ("DVD", *digital versatile disk*), HD-DVD, BLU-RAY, u otro almacenamiento óptico, cassetes magnéticos, cinta magnética, almacenamiento en disco magnético u otros dispositivos de almacenamiento magnético, o cualquier otro medio que se pueda usar para almacenar la información deseada y al que se pueda
15 acceder por medio de la arquitectura informática **1100**.

De acuerdo con diversas formas de realización, la arquitectura informática **1100** puede operar en un entorno en red usando conexiones lógicas con otra aviónica en la aeronave y / o con sistemas que no están a bordo de la aeronave, a los que se puede acceder a través de una red **1120**. La arquitectura informática **1100** puede conectar con la red **1120** a través de una unidad de interfaz de red **1106** que está conectada con el bus **1104**. Se debería apreciar que la
20 unidad de interfaz de red **1106** también se puede utilizar para conectar con otros tipos de redes y sistemas informáticos remotos. La arquitectura informática **1100** también puede incluir un controlador de entrada - salida **1122** para recibir una entrada y proporcionar una salida a los terminales y visualizadores de aeronave, tales como el visualizador en vuelo **136** que se ha descrito en lo que antecede con referencia a la figura 1. El controlador de entrada - salida **1122** también puede recibir una entrada a partir de otros dispositivos, incluyendo un PFD, una EFB,
25 un NAV, un HUD, una MDU, un DSP, un teclado, un ratón, un lápiz electrónico o una pantalla táctil, que están asociados con el visualizador en vuelo **136**. De forma similar, el controlador de entrada - salida **1122** puede proporcionar salidas a otros visualizadores, una impresora u otro tipo de dispositivo de salida.

REIVINDICACIONES

1. Un método implementado por ordenador para determinar un lugar de aterrizaje para una aeronave (900), comprendiendo el método:
 - 5 recibir, por una herramienta de encaminamiento, unos datos de vuelo que se corresponden con una trayectoria de vuelo;
 - identificar, por una herramienta de encaminamiento (902), al menos un lugar de aterrizaje próximo a la trayectoria de vuelo;
 - generar (904), por una herramienta de encaminamiento, un árbol de expansión entre el al menos un lugar de aterrizaje y la trayectoria de vuelo; y
 - 10 almacenar (906) el árbol de expansión en un dispositivo de almacenamiento de datos, en donde el árbol de expansión comprende una pluralidad de trayectorias de vuelo de entrada hasta el al menos un lugar de aterrizaje, identifica qué trayectorias de vuelo están bloqueadas por obstrucciones e identifica trayectorias de vuelo de entrada seguras para cada uno del al menos un lugar de aterrizaje, comprendiendo adicionalmente el método:
 - 15 visualizar el árbol de expansión con un temporizador de cuenta atrás para cada trayectoria de vuelo de entrada segura, proporcionando cada temporizador de cuenta atrás una indicación en lo que respecta a durante cuánto tiempo una trayectoria de vuelo asociada permanece disponible como una opción de entrada segura para el al menos un lugar de aterrizaje; y
 - recibir una selección de un lugar de aterrizaje (202) visualizado que está asociado con el árbol de expansión.
- 20 2. El método según la reivindicación 1, en donde recibir los datos de vuelo comprende recibir los datos de vuelo en una herramienta de encaminamiento (100) que está asociada con la aeronave durante la planificación de un vuelo.
3. El método según la reivindicación 1, en donde recibir los datos de vuelo comprende recibir los datos de vuelo en una herramienta de encaminamiento (100) que está asociada con la aeronave durante un vuelo.
4. El método según la reivindicación 1, en donde recibir los datos de vuelo comprende recibir los datos de vuelo en una herramienta de encaminamiento no a bordo que está asociada con un sistema de control de tráfico aéreo antes del comienzo de un vuelo.
- 25 5. El método según la reivindicación 4, que comprende adicionalmente:
 - 30 detectar, por una herramienta de encaminamiento, un estado de emergencia durante un vuelo de la aeronave; en respuesta a la detección de la emergencia, transmitir al sistema de control de tráfico aéreo unos datos que indican la aparición de la emergencia; y
 - recibir el árbol de expansión a partir del sistema de control de tráfico aéreo.
6. El método según la reivindicación 1, en donde recibir los datos de vuelo comprende recibir los datos de vuelo en una herramienta de encaminamiento no a bordo que está asociada con un sistema de control de tráfico aéreo durante un vuelo.
- 35 7. El método según la reivindicación 1, que comprende adicionalmente detectar un estado de emergencia durante un vuelo de la aeronave.
8. El método según la reivindicación 7, que comprende adicionalmente:
 - 40 en respuesta a la detección de la emergencia, recuperar (908) el árbol de expansión del dispositivo de almacenamiento de datos; y
 - pasar el árbol de expansión a un sistema de visualización de la aeronave.
9. El método según la reivindicación 1, que comprende adicionalmente:
 - obtener unos datos meteorológicos en tiempo real (124) para el lugar de aterrizaje (202), en donde los datos meteorológicos en tiempo real (124) se evalúan antes de seleccionar el lugar de aterrizaje (202).
- 45 10. El método según la reivindicación 1, que comprende adicionalmente visualizar una vista de perfil vertical (320) de una trayectoria de planeo (324A, 324B) para entrar en el lugar de aterrizaje seleccionado (202, 304A, 304B).
11. Una herramienta de encaminamiento (100) para determinar un lugar de aterrizaje para una aeronave, comprendiendo la herramienta de encaminamiento una base de datos (104) que está configurada para almacenar unos datos de vuelo que se corresponden con una trayectoria de vuelo para la aeronave, y un módulo de

encaminamiento (102) que está configurado para:

- 5 recibir los datos de vuelo;
identificar (902) al menos un lugar de aterrizaje próximo a la trayectoria de vuelo;
generar (904) un árbol de expansión entre el al menos un lugar de aterrizaje y la trayectoria de vuelo; y
almacenar (906) el árbol de expansión en un dispositivo de almacenamiento de datos,
en donde el árbol de expansión comprende una pluralidad de trayectorias de vuelo de entrada hasta el al menos un lugar de aterrizaje, identifica qué trayectorias de vuelo están bloqueadas por obstrucciones e identifica trayectorias de vuelo de entrada seguras para cada uno del al menos un lugar de aterrizaje,
en donde el módulo de encaminamiento está configurado adicionalmente para:
- 10 visualizar el árbol de expansión con un temporizador de cuenta atrás para cada trayectoria de vuelo de entrada segura, proporcionando cada temporizador de cuenta atrás una indicación en lo que respecta a durante cuánto tiempo una trayectoria de vuelo asociada permanece disponible como una opción de entrada segura para el al menos un lugar de aterrizaje; y
recibir una selección de un lugar de aterrizaje (202) visualizado que está asociado con el árbol de expansión.
- 15 12. La herramienta de encaminamiento (100) según la reivindicación 11, en donde la herramienta de encaminamiento comprende un componente de la aeronave.
- 13. La herramienta de encaminamiento (100) según la reivindicación 11, en donde la herramienta de encaminamiento comprende un componente de un sistema de control de tráfico aéreo.
- 20 14. La herramienta de encaminamiento (100) según la reivindicación 11, en donde la herramienta de encaminamiento está dispuesta para generar los árboles de expansión antes del comienzo de un vuelo.
- 15. La herramienta de encaminamiento (100) según la reivindicación 11, en donde la herramienta de encaminamiento está dispuesta para generar los árboles de expansión en tiempo real, en respuesta a la detección de una emergencia durante un vuelo de la aeronave.
- 25 16. La herramienta de encaminamiento (100) según la reivindicación 11, que comprende adicionalmente un sistema de aprendizaje de desempeño para generar un modelo de desempeño de aeronave, en donde el modelo de desempeño de aeronave se usa para generar el árbol de expansión.

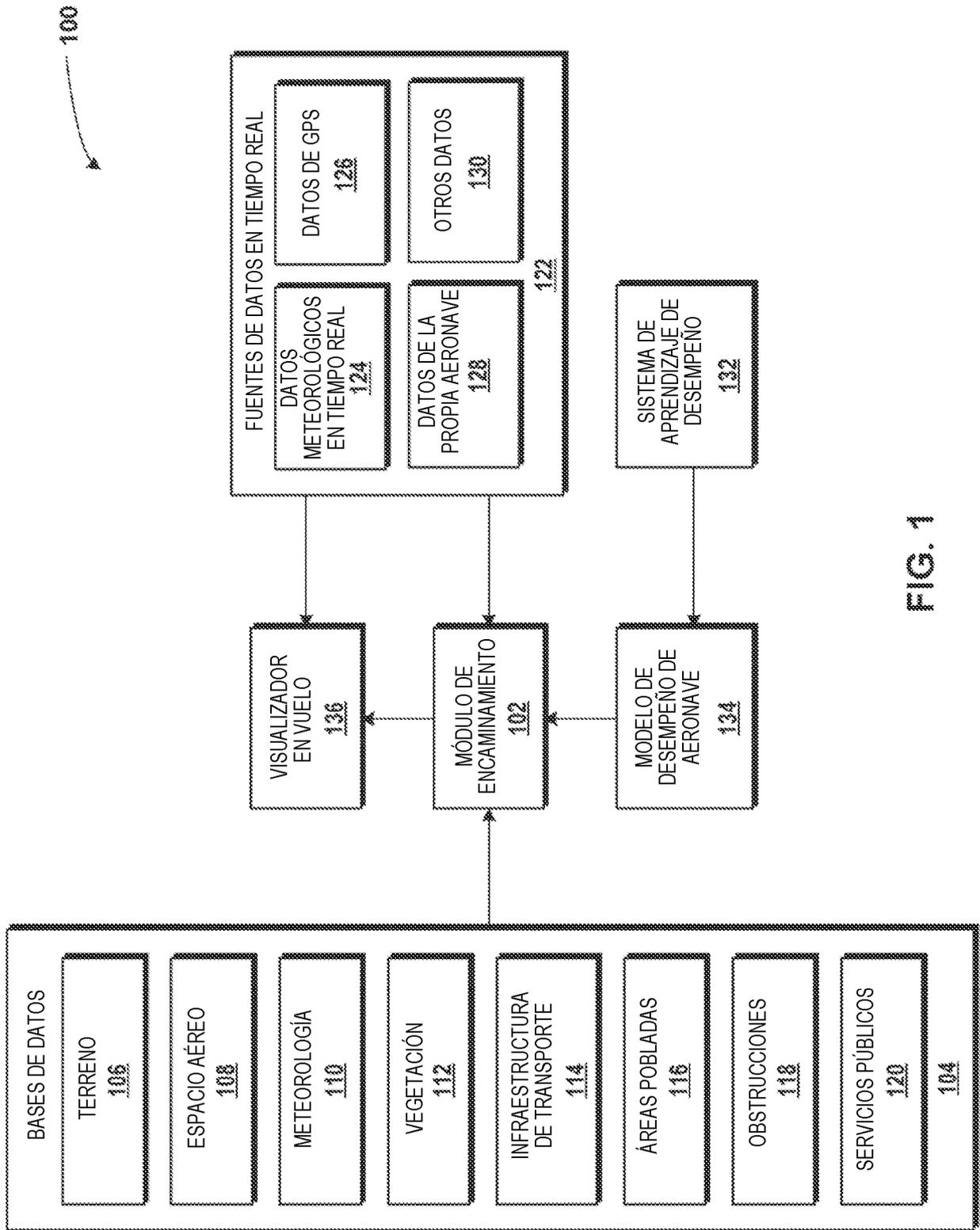
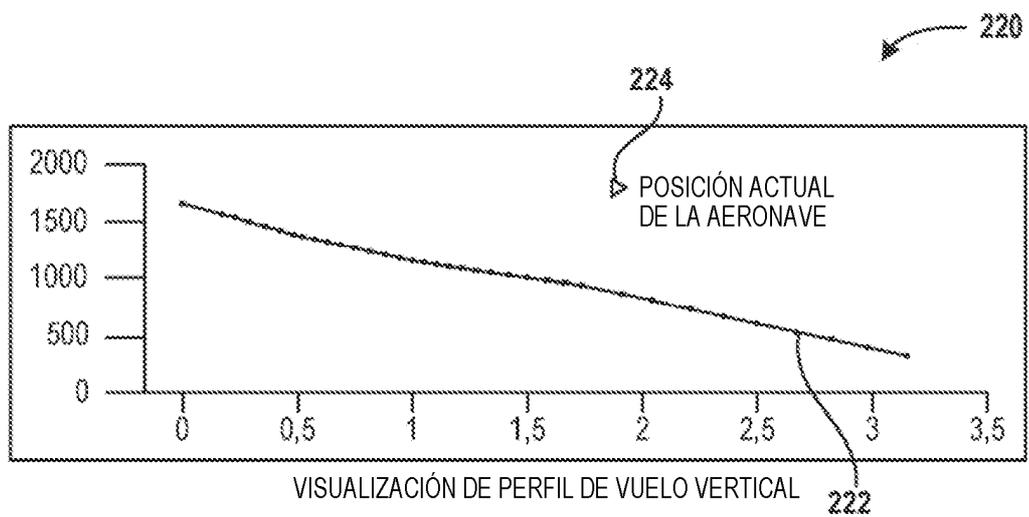
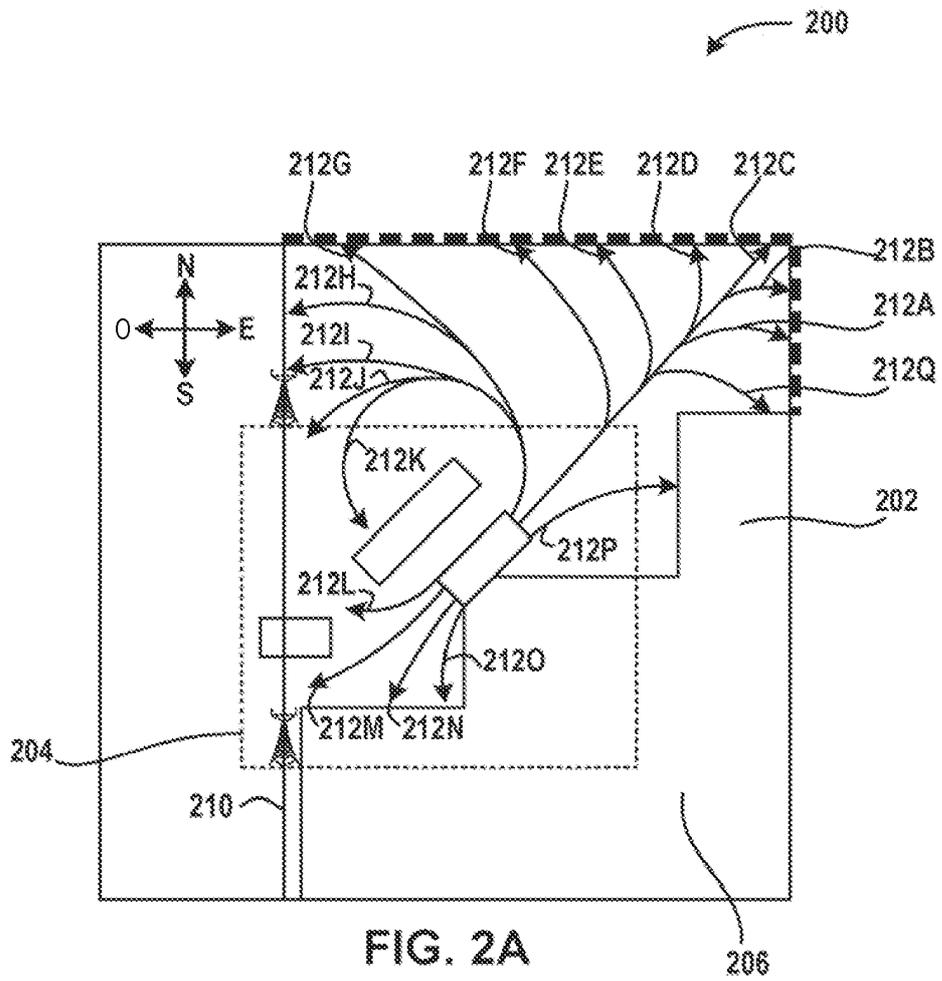
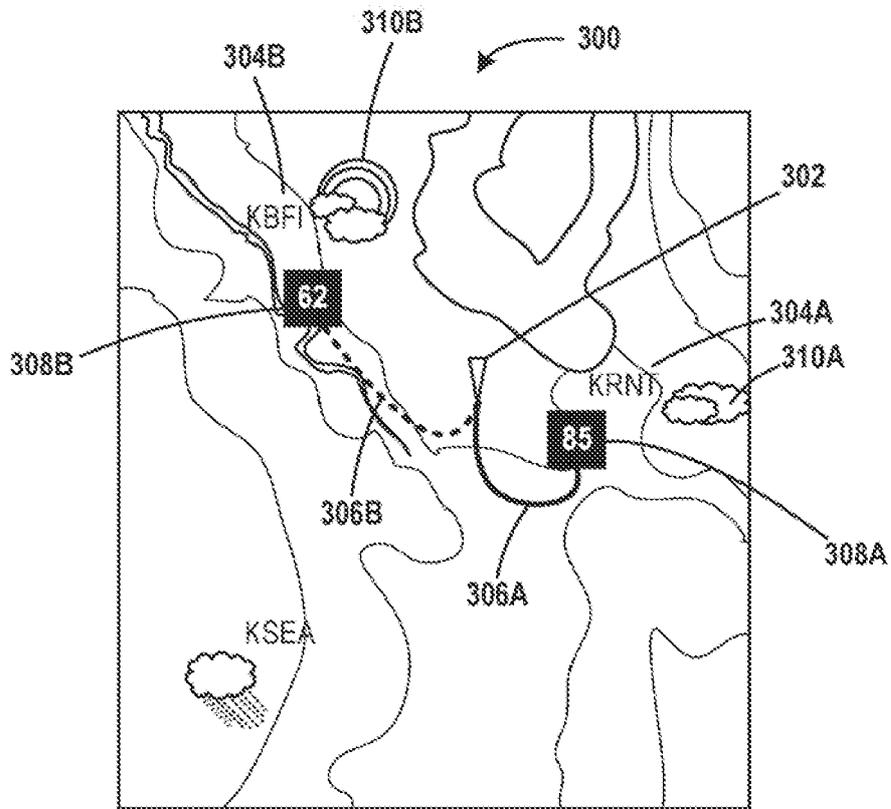


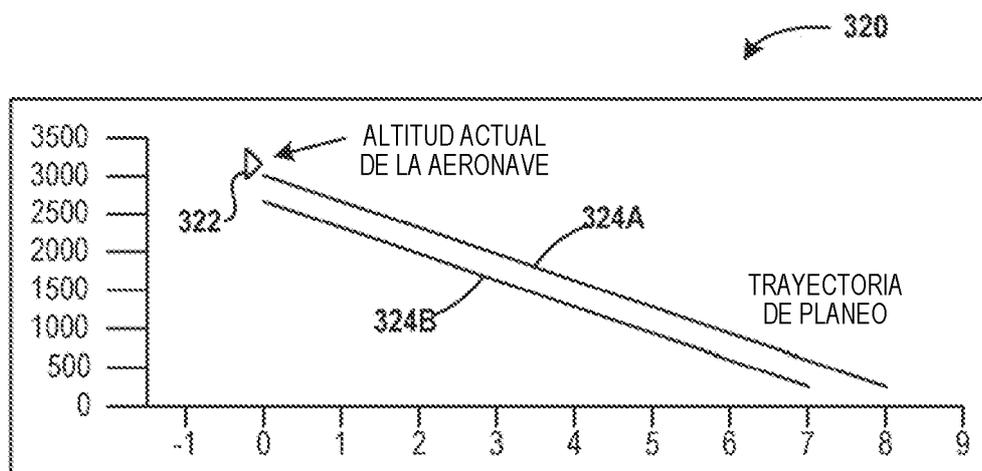
FIG. 1





VISUALIZACIÓN DE MAPA MÓVIL EN 2D

FIG. 3A



PERFIL DE TRAYECTORIA DE PLANE0

FIG. 3B

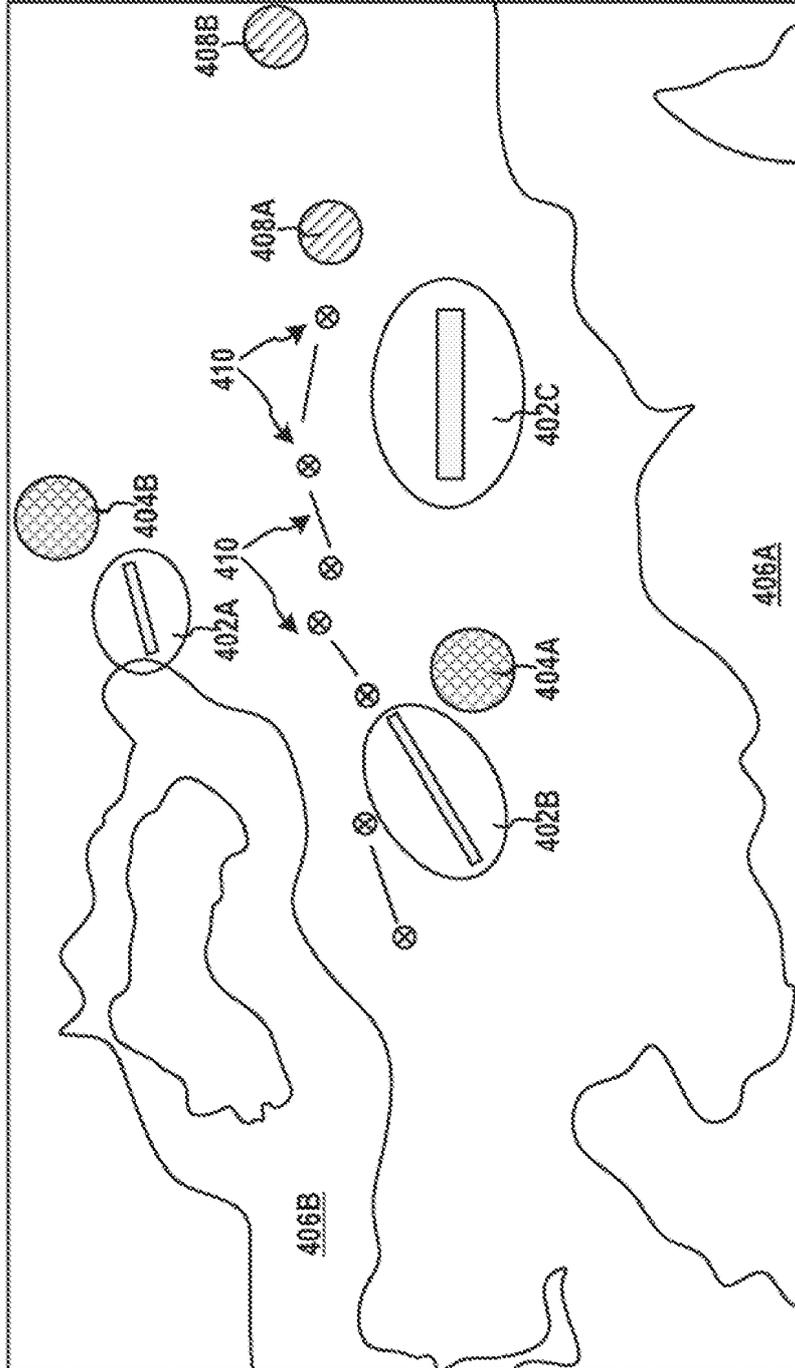


FIG. 4

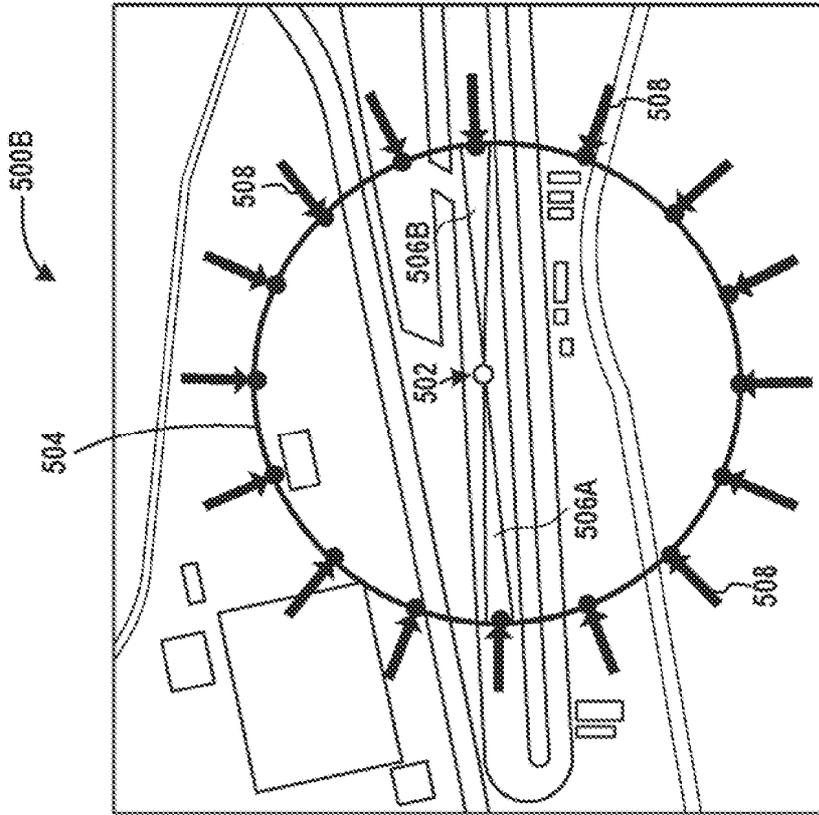


FIG. 5B

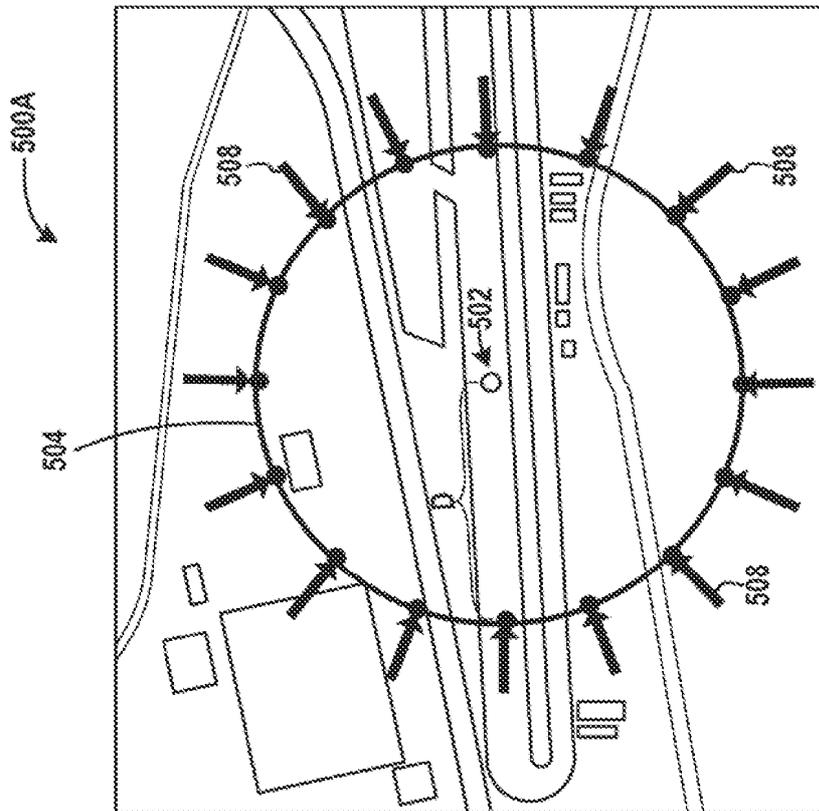


FIG. 5A

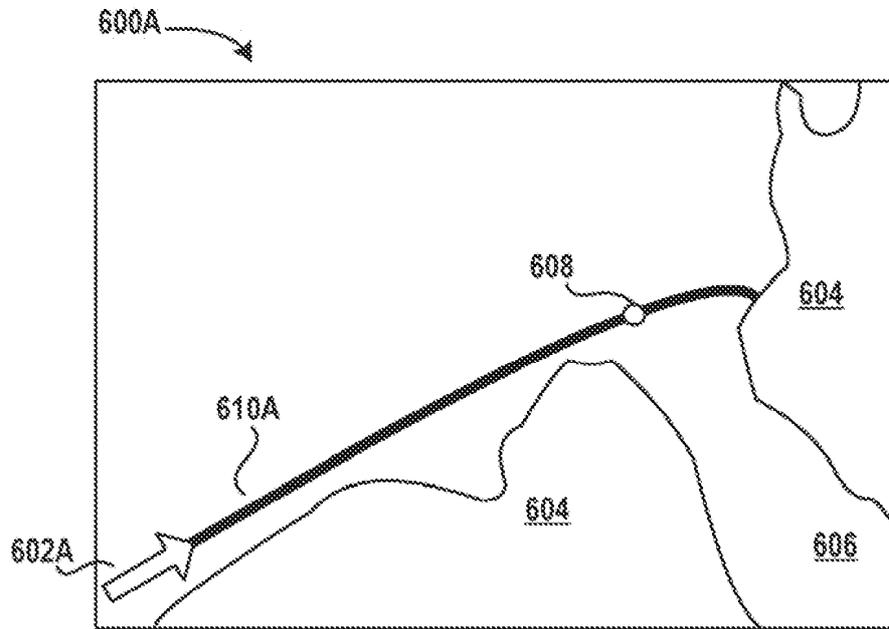


FIG. 6A

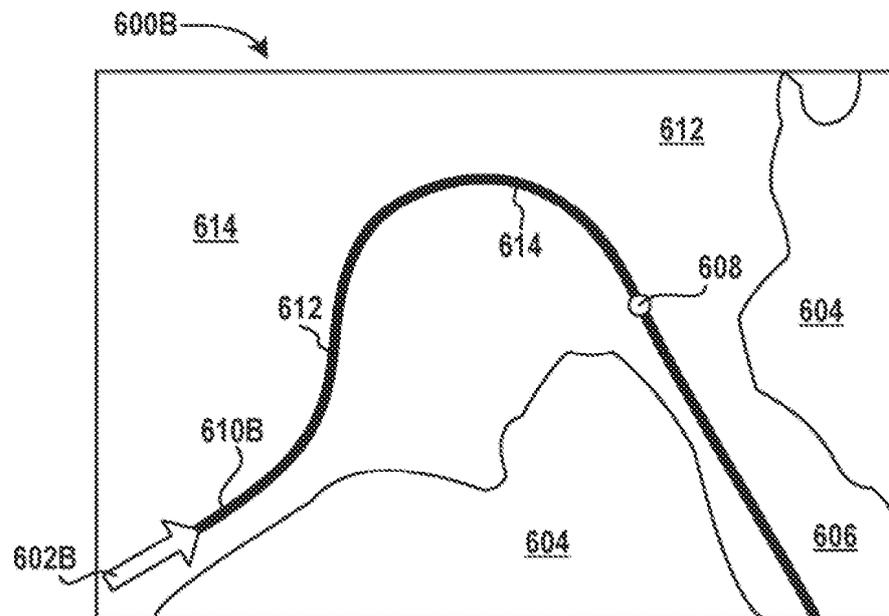


FIG. 6B

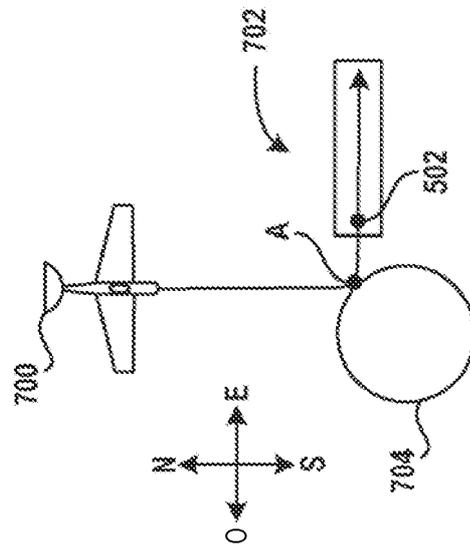
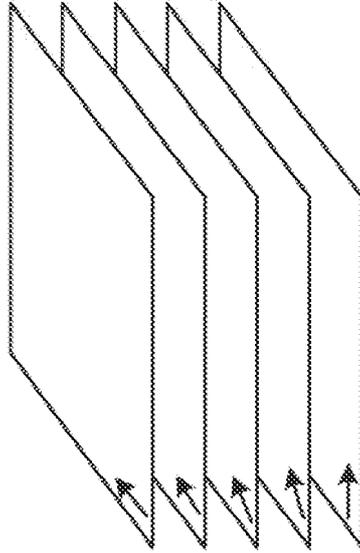


FIG. 7A



AMPLIACIÓN ANGULAR DE LA RED

FIG. 7B

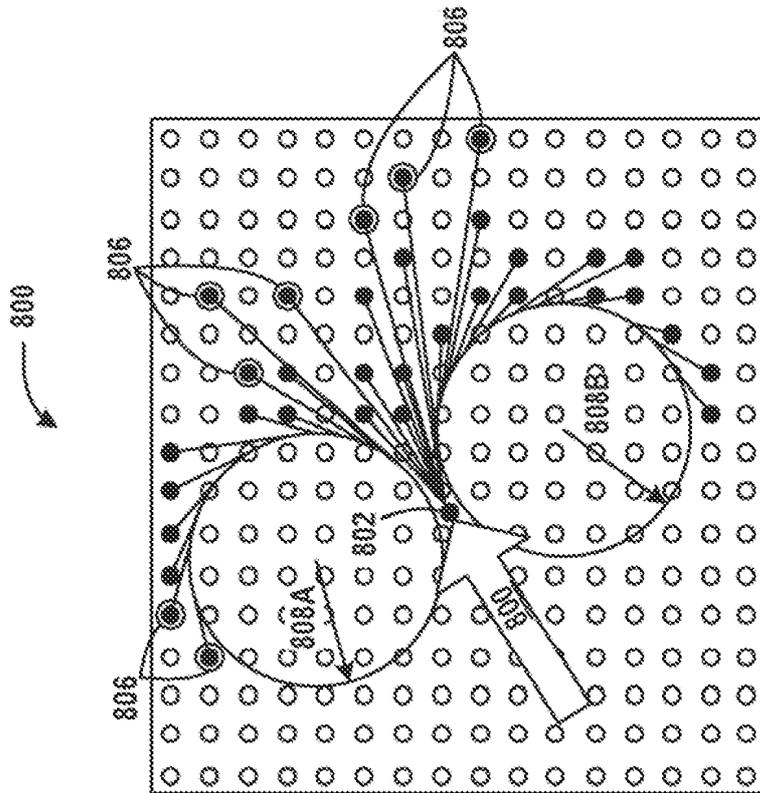


FIG. 8

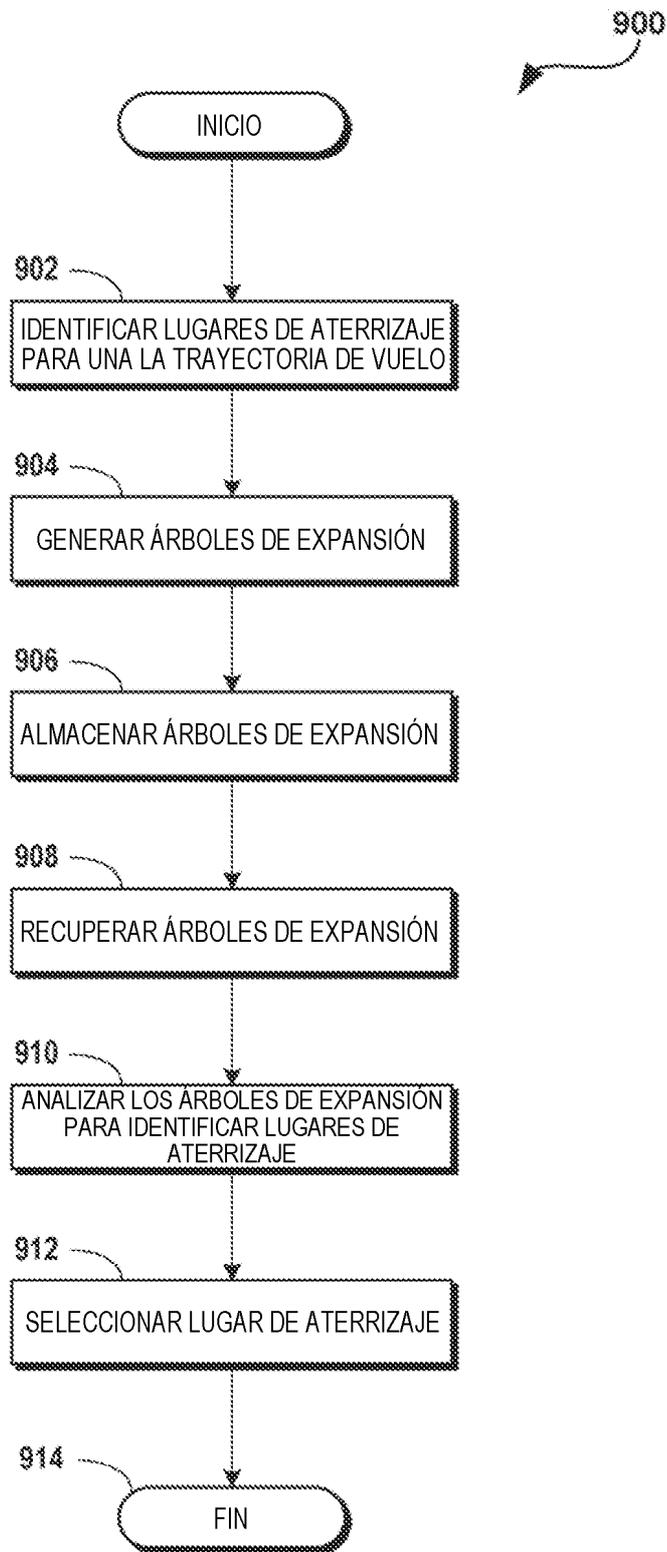


FIG. 9

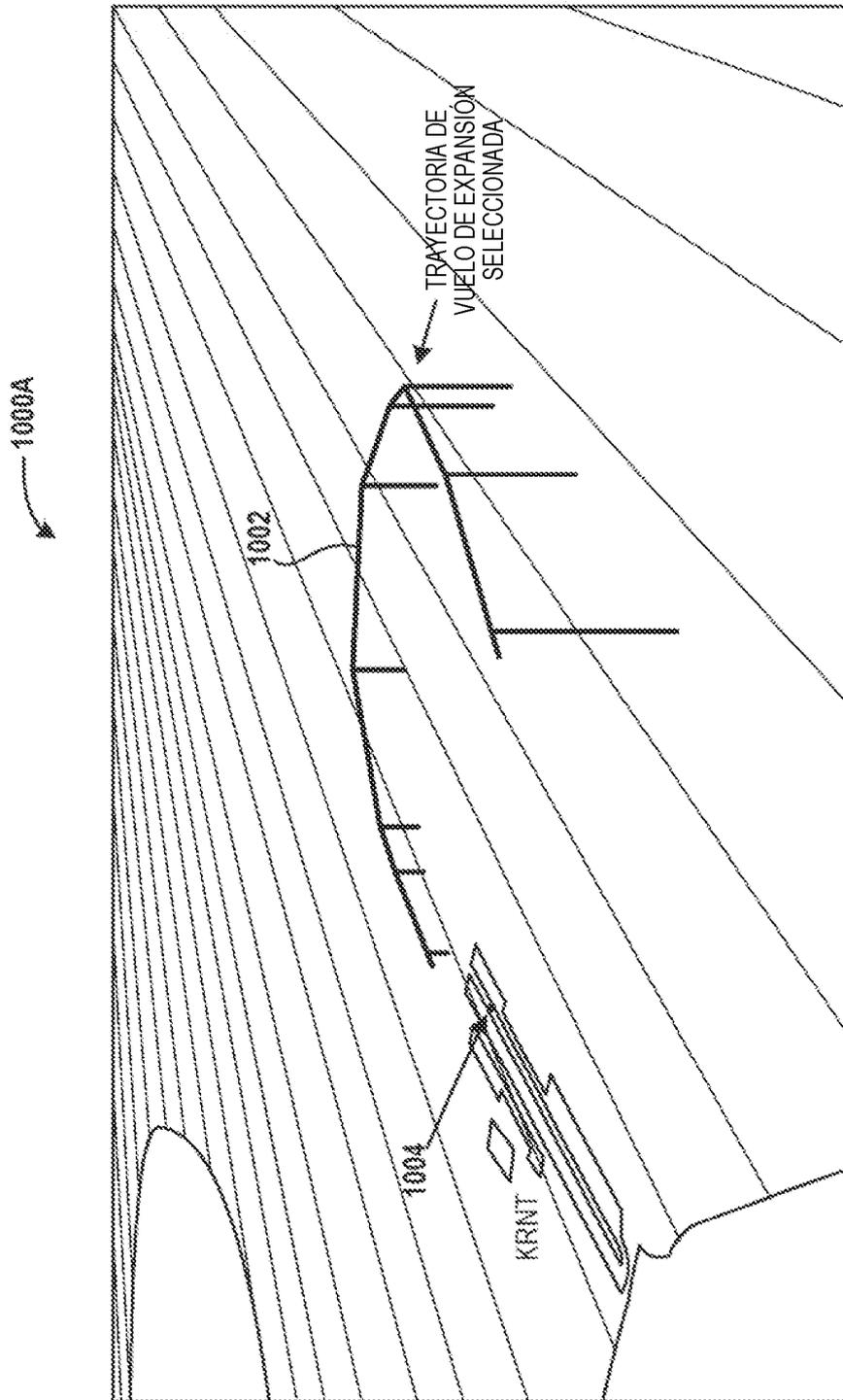


FIG. 10A

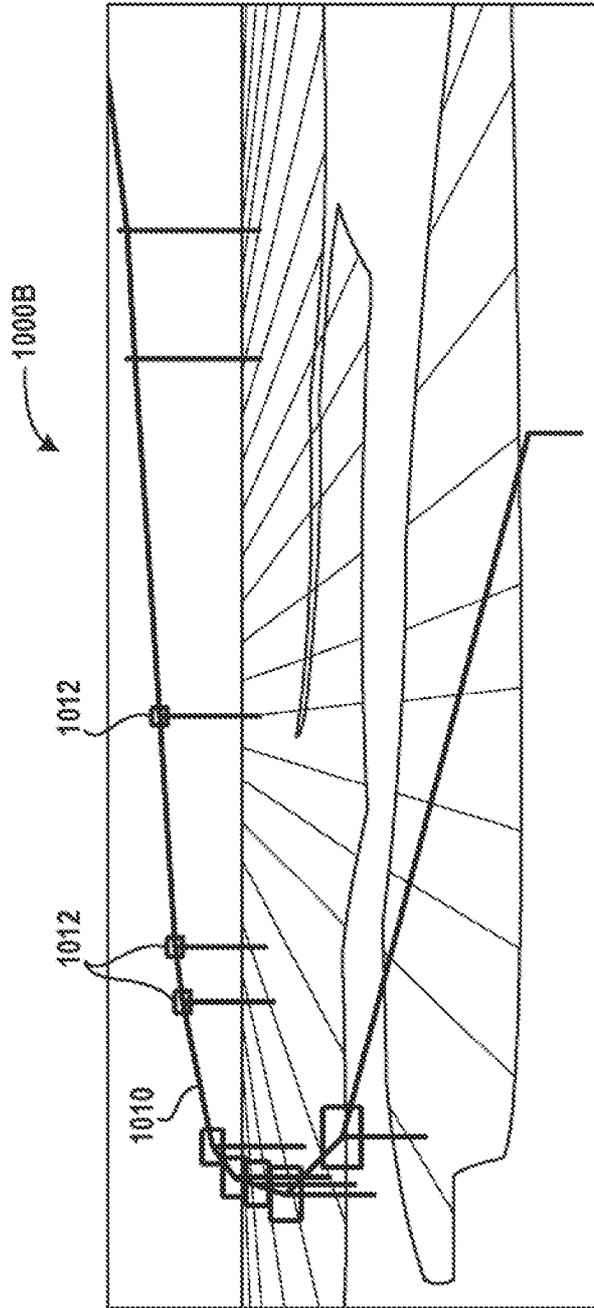


FIG. 10B

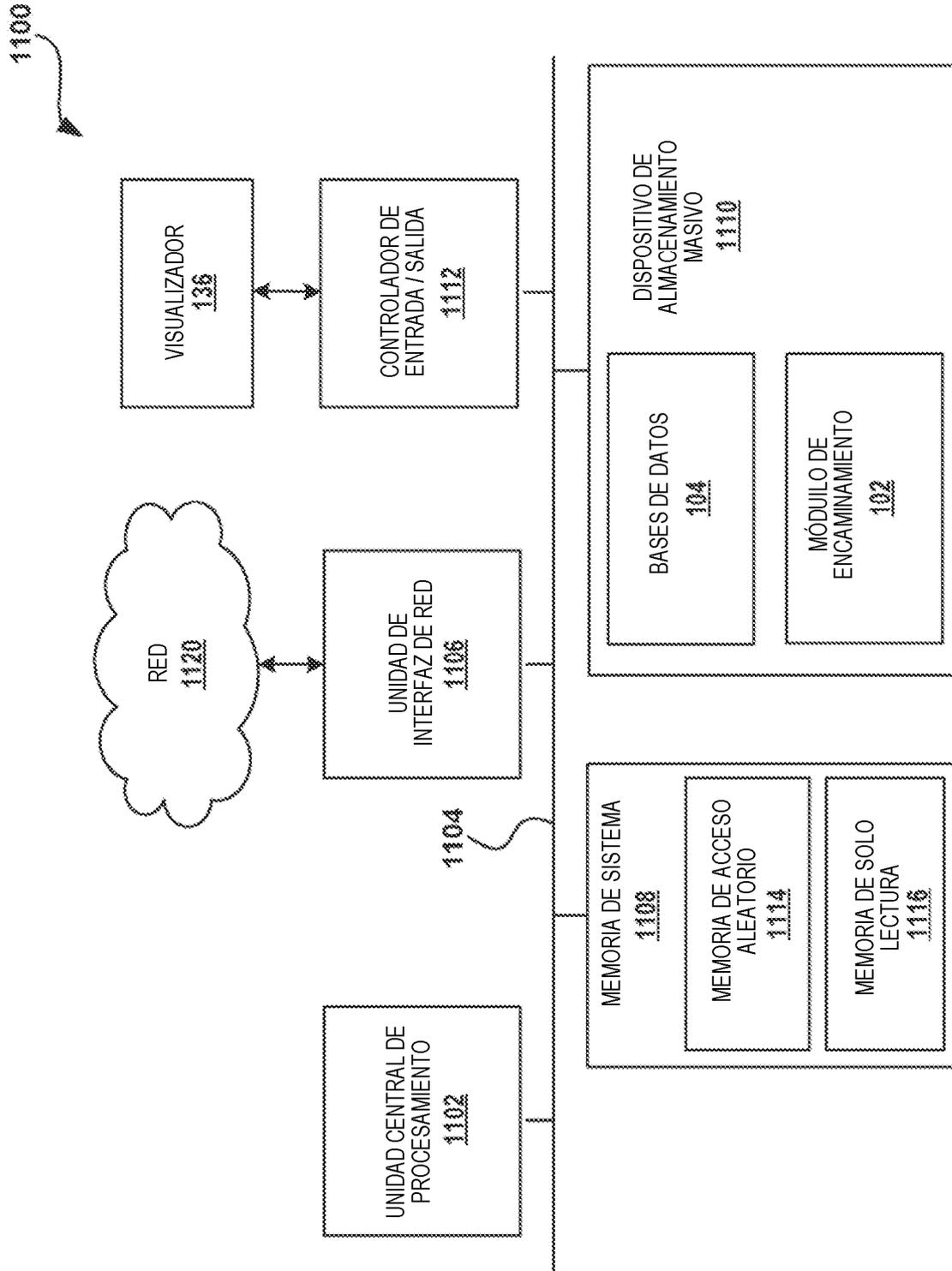


FIG. 11